

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

**ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DE LA
SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y DE LA
PRESIÓN INTRAOCULAR EN JOVENES
UNIVERSITARIOS**

TESIS DOCTORAL.

**TESIS REALIZADA PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN FARMACIA, POR:
M^ª CINTA PUELL MARÍN**

Directores :

Prof. Dr. D. Manuel Domínguez Carniona

Prof^ª Dra D^ª Margarita Romero Martín

Madrid, Enero 1995

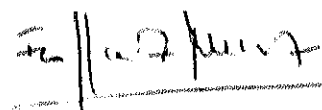
D. MANUEL DOMINGUEZ CARRONA, Catedrático Emérito y DÑA. MARGARITA ROMERO MARTIN, Profesora Titular, ambos del Departamento de Medicina Preventiva, Salud Pública e Historia de la Ciencia, de la U.C.M.:

CERTIFICAN: que la Licenciada DÑA. MARIA CINTA PUELL MARIN ha realizado bajo nuestra dirección, el Trabajo de Investigación titulado "ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y DE LA PRESION INTRAOCULAR EN JOVENES UNIVERSITARIOS" el cual presenta para optar al Grado de Doctor en Farmacia. Asimismo, D. Francisco José Sánchez Maniz como ponente de la doctoranda en la Facultad de Farmacia, está de acuerdo con lo certificado por los Directores.

Y para que conste a los efectos oportunos, firmamos en Madrid, a día ocho de Junio de mil novecientos noventa y cuatro.

El TUTOR (2)

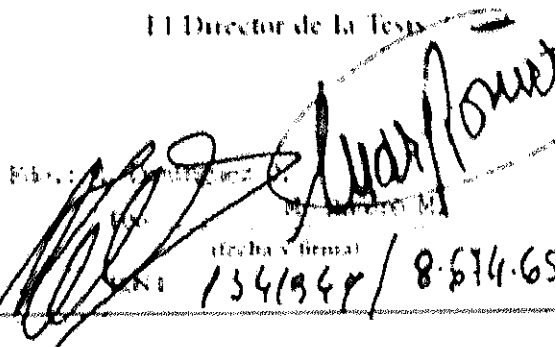
El Director de la Tesis



Fdo. F. Sánchez M.

fecha y firma

DNI 29 712 100 10

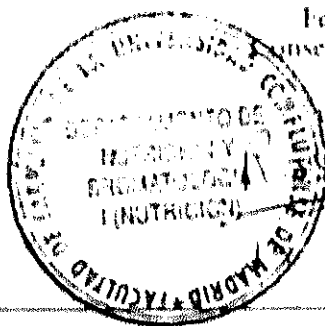

Fdo. Margarita Romero
fecha y firma
DNI 1341944 / 8.674.65

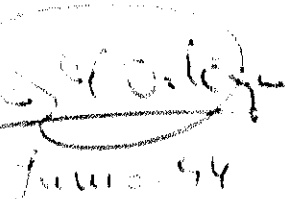
INFORME DEL CONSEJO DE DEPARTAMENTO

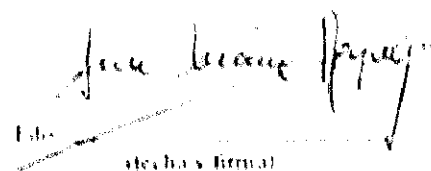
Reunido el Consejo del Departamento de Nutrición y Bromatología (Nutrición) se ha evaluado positivamente la Tesis Doctoral presentada por Doña María Cinta Puell Marin la cual puede ser presentada y defendida por la doctoranda para optar al Grado de Doctor en Farma

Fecha reunion
Consejo Departamento

El Director del Departamento




Junio 54


Fdo. Juan Antonio Pineda
fecha y firma

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Profesor Dr. D. Manuel Domínguez Carmona y a la profesora Dra. D^a Margarita Romero Martín, directores de este trabajo, por todas sus enseñanzas, dedicación, disponibilidad permanente, interés y apoyo incondicional.

De igual forma, mi reconocimiento profundo a la Profesora Dra D^a Ana Requejo Marcos, Directora del Departamento y al Profesor Dr. D. Francisco José Muniz tanto por su acogida y confianza como por su humanidad y cariño.

Asimismo, quiero agradecer la especial colaboración y el esfuerzo de D Jorge Zapico y D^a Carmen Bravo LLatas, del Centro de Proceso de Datos de la U.C.M., en la elección y preparación de las técnicas estadísticas utilizadas.

Mi agradecimiento a la valiosa ayuda de supervisión del profesor Dr. D. Cesar de Dios Alvarez por sus consejos y orientación en el tratamiento estadístico de los resultados.

Agradezco el apoyo del Departamento de Optica y en especial el del Profesor Dr. D. Eusebio Bernabeu sin el cual, no hubiera sido posible llevar adelante esta investigación.

Quiero expresar mi agradecimiento a mis compañeros Celia Sanchez-Ramos, M^a Jesus Perez y Antonio Lanqa, que me han dado animos para continuar hacia delante ayudandome en todo momento.

Mi reconocimiento a los responsables de las bibliotecas de la Facultad de Medicina, de la Escuela Universitaria de Óptica y de otros centros consultados por su alto nivel de profesionalidad y en particular a la directora de la biblioteca del Instituto Oftálmico, por su ayuda en la recopilación de las fuentes bibliograficas.

A la Escuela Universitaria de Óptica de la U.C.M., especialmente a los estudiantes que han sido objeto de esta investigación les agradezco su colaboración desinteresada.

Agradezco con todo mi cariño a Claudio y a mi hijo su comprensión y paciencia durante todos estos años.

Por ultimo, me gustaría hacer un agradecimiento muy especial al resto de mi familia, en particular a mis padres por su constante estímulo, inestimable ayuda, e inmensa generosidad.

INDICE

I. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	1
II. CONSIDERACIONES ACTUALES SOBRE EL SISTEMA VISUAL. RELATIVAS A LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y A LA PRESIÓN INTRAOCULAR	6
2.1. INTRODUCCIÓN	7
2.2. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE	15
2.2.1. Función de sensibilidad al contraste	19
2.2.2. Agudeza visual y sensibilidad al contraste	22
2.2.3. Factores de variación sobre la sensibilidad al contraste	25
2.3. PRESIÓN INTRAOCULAR	37
2.3.1. Concepto	37
2.3.2. Aspectos epidemiológicos de la presión intraocular	38
2.3.3. Presión intraocular y glaucoma	54
2.4. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y GLAUCOMA	60
III. OBJETIVOS	68
1.1. OBJETIVO GENERAL	69
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	69
IV. PERSONAS, MATERIAL Y MÉTODOS	71
4.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO	72
4.2. MATERIAL Y MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	77
4.2.1. Método de diagnóstico para determinar la agudeza visual	77

4.2.2. Método de diagnóstico para determinar el estado refractivo	80
4.2.3. Método de diagnóstico para determinar la sensibilidad al contraste	83
4.2.3.1. Panel impreso VCTS 6.500	91
4.2.4. Método de diagnóstico para determinar la presión intraocular	100
4.2.4.1. Tonómetro Pulsair-Keeler	107
4.3. TRATAMIENTO DE LOS DATOS PARA EL ANÁLISIS	117
 V. RESULTADOS	 117
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO VISUAL DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO	120
5.1.1. Variables de persona	120
5.1.1.1. Sexo y edad	122
5.1.1.2. Antecedente familiar de glaucoma	122
5.1.2. Distribución de los parámetros visuales en la población de estudio	123
5.1.2.1. Agudeza visual	124
5.1.2.2. Estado refractivo	125
5.1.2.3. Tipo de corrección óptica	129
5.1.2.4. Sensibilidad al contraste en el conjunto de las frecuencias espaciales del test VCTS	132
5.1.2.5. Presión intraocular	142
5.1.3. Hábitos de interés sanitario	145
5.1.3.1. Hábito de fumar	145
5.1.3.2. Consumo de cafeína	148
5.2. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES EPIDEMIOLÓGICAS SOBRE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE	150
5.2.1. Agudeza visual y sensibilidad al contraste	150
5.2.2. Sensibilidad al contraste en el conjunto de frecuencias espaciales, distribución en la población seleccionada	154

5.2.3. Correlación entre las sensibilidades al contraste en las diferentes frecuencias espaciales	163
5.2.4. Variables de persona y sensibilidad al contraste	164
5.2.4.1. Sexo	164
5.2.4.2. Edad	165
5.2.4.3. Antecedentes familiares de glaucoma	166
5.2.5. Asociación de sensibilidad al contraste y otros parámetros visuales	167
5.2.5.1. Estado refractivo	167
5.2.5.2. Tipo de corrección óptica	171
5.2.6. Relación de sensibilidad al contraste y hábitos de interés sanitario	177
5.2.6.1. Hábito de fumar	177
5.2.6.2. Consumo de bebidas con cafeína	179
5.3. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES EPIDEMIOLÓGICAS SOBRE LA PRESIÓN INTRAOCULAR	182
5.3.1. Variables de persona y presión intraocular	183
5.3.1.1. Sexo	183
5.3.1.2. Edad	185
5.3.1.3. Antecedente familiar de glaucoma	187
5.3.2. Asociación de presión intraocular y parámetros visuales	189
5.3.2.1. Agudeza visual	189
5.3.2.2. Estado refractivo	191
5.3.2.3. Tipo de corrección óptica	195
5.3.3. Relación de presión intraocular y hábitos de interés sanitario	198
5.3.3.1. Hábito de fumar	198
5.3.3.2. Consumo de cafeína	200
5.4. RELACIÓN ENTRE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y LA PRESIÓN INTRAOCULAR	203
5.4.1. Correlación entre sensibilidad al contraste y presión intraocular	203

5.4.2. Sensibilidad al contraste en función del nivel de presión intraocular	204
VI. DISCUSIÓN	209
6.1. VALORACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL, ESTADO REFRACTIVO, Y HABITOS DE INTERÉS SANITARIO	210
6.2. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE	218
6.2.1. Variables de persona	218
6.2.1.1. Edad, sexo y antecedentes familiares de glaucoma	218
6.2.1.2. Sensibilidad al contraste	228
6.2.2. Correlación entre las sensibilidades al contraste a las diferentes frecuencias espaciales	219
6.2.3. Asociación de sensibilidad al contraste y parámetros visuales	241
6.2.3.1. Efecto de la agudeza visual	241
6.2.3.2. Efecto del estado refractivo	245
6.2.3.3. Efecto del tipo de corrección óptica	250
6.2.4. Relación de sensibilidad al contraste y hábitos de interés sanitario	259
6.3. PRESIÓN INTRAOCULAR	262
6.3.1. Influencia de las variables de persona sobre la presión intraocular	262
6.3.2. Efecto de los parámetros visuales en la presión intraocular	270
6.3.3. Relación de presión intraocular y hábitos de interés sanitario	277
6.4. RELACIÓN ENTRE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y PRESIÓN INTRAOCULAR	282
VII. CONCLUSIONES	299
VIII. BIBLIOGRAFIA	104

I- JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La Organización Mundial de la Salud a partir de la estimación que a nivel mundial se ha hecho de la existencia de unos 28 a 42 millones de ciegos, cifra que va en aumento como consecuencia del crecimiento demográfico y sobre todo por la mayor expectativa de vida, publicó en su informe técnico n° 518 de 1973 normas sobre la prevención de la ceguera por considerarla como un problema prioritario mundial de máxima urgencia, a todo lo cual dedicó el día 7 de Abril de 1973, día mundial de la salud, con el lema "la prevención evita la ceguera", promoviendo la creación en 1975 del Organismo Internacional de Prevención de la ceguera, que es no gubernamental y está integrado por profesiones multidisciplinarias.

En España, según la O.N.C.E. y la S.E.O. existían al final de los años 80 alrededor de 60.000 personas ciegas, siendo el 60% de ellas mujeres. Por su parte el INE (1987) publica una prevalencia del 21,32 % para los problemas de visión graves en la población general y asimismo que un tercio de dicha población general precisa gafas o lentes de contacto para ver correctamente.

Dentro de los problemas de visión, el glaucoma se estima que es la tercera causa de ceguera en el Mundo (Foster, 1990). En España, en el año 1992 el glaucoma primario de ángulo abierto era el 6 % de las causas de

ceguera entre los afiliados a la ONCE. A pesar de ello, los estudios epidemiológicos realizados en nuestro país, así como el interés en el diagnóstico precoz, ha sido generalmente muy escaso, como lo prueba la insuficiencia de datos sobre la prevalencia del glaucoma en España (Gimeno et al., 1988), siendo la frecuencia de glaucomatosos en la población laboral del Área de Madrid de un 1,4 % (Pellicer et al., 1981)

Por otra parte, la prevalencia de la hipertensión ocular en la población de países desarrollados se estima entre un 5 y un 10 % (Cockburn, 1982; Leibowitz et al., 1980; Loske y Podgor, 1981), siendo ésta uno de los mayores factores de riesgo oftalmológico para desarrollar glaucoma.

El screening periódico de la población a nivel escolar, laboral y general en materia de salud ocular, es una estrategia indiscutible para la prevención de alteraciones oculares capaces de determinar ceguera; para este screening se cuenta con distintas técnicas de exploración, siendo necesario incrementar las existentes y sobre todo disponer de aquellas de mayor capacidad diagnóstica y fácil aplicación ya que la ceguera es la más costosa de todas las causas de invalidez grave, en este sentido algunas de las técnicas de exploración elegidas para el trabajo que hemos

realizado y que a continuación exponemos están en la línea de poder ser incorporadas al screening de la visión.

Frente a la tonometría tradicional, los tonómetros de no contacto, hoy en uso, si bien están indicados en los chequeos de masas, la exploración que aportan se muestra insuficiente para la detección precoz del glaucoma crónico simple o glaucoma primario de ángulo abierto.

Sin embargo, entre las pruebas psicofísicas que valoran la función visual central, la sensibilidad al contraste detecta cambios patológicos presentes de forma precoz en el glaucoma, incluso antes de que se desarrollen los defectos de campo visual definitivos (Rodia-Wollner, 1989; Stamper, 1989). El examen de la sensibilidad al contraste proporciona a los clínicos la única forma de valorar la integridad del mecanismo visual y por tanto de una forma más completa la visión, detectando anomalías en fase inicial, incluso cuando la agudeza visual es normal (Jindra y Zemon, 1989).

Por todo lo anterior y siguiendo la recomendación de aumentar la batería de pruebas disponibles en la vigilancia de la salud visual hemos investigado la relación entre sensibilidad al contraste y presión intraocular en una

población adulta joven, dada su importancia, y a pesar del escaso número de trabajos de investigación en este campo.

**II- CONSIDERACIONES ACTUALES
SOBRE EL SISTEMA VISUAL
RELATIVAS A LA SENSIBILIDAD AL
CONTRASTE Y A LA PRESIÓN
INTRAOCULAR**

2.1. INTRODUCCIÓN

El mundo visual esta formado por un flujo permanente de informaciones, procedentes de ángulos y entornos diferentes, así como de condiciones luminosas y distancias distintas. Cuando observamos un objeto en movimiento nos fijamos en su tamaño, color, forma, velocidad y dirección de movimiento. Y además debido a la diferencia entre las dos imágenes retinianas (porque cada ojo mira desde un punto de vista ligeramente distinto) tenemos una visión tridimensional del objeto.

Zeki (1992) ha establecido el principio de una distribución de la información visual por vías nerviosas independientes y paralelas que parten del área visual V1 o corteza visual primaria. De esta forma, las señales visuales que llevan información de los atributos de la escena visual pasan al menos por cuatro sistemas cerebrales de procesamiento, cada uno de los cuales desempeña una función distinta. Un sistema procesa la información relativa a la percepción del color, otro la información de movimiento, localización y organización espacial y otros dos sistemas procesan la forma.

Pero antes de que comience el proceso de codificación de la señal visual es necesario que los rayos luminosos a

traviesen los distintos dioptrios oculares para formar una imagen en la retina, cuya calidad óptica depende de los medios ópticos oculares que contribuyen a su formación. Es por ello que la imagen retiniana no siempre está enfocada, ya que la refracción del ojo depende del poder refringente de los dioptrios oculares y de la posición de la retina en relación con ellos (Gil del Rio, 1984).

Desde un punto de vista epidemiológico, el 75% de los estados refractivos en el joven adulto se reparten entre la emetropia y la hipermetropia hasta 2,00 dioptrías, un 9% son miopías hasta - 4,00 dioptrías, siendo un 2% las miopías superiores a este valor y representando los astigmatismos un 14% (Sorsby, 1960).

El fenómeno de la visión comienza con la llegada de la luz a la retina y la consiguiente respuesta de varios millones de fotorreceptores retinianos (bastones y conos) que transforman la energía luminosa en señales eléctricas que transmiten a otras células retinianas, donde se codifica la información elemental sobre el tamaño de la imagen, forma, posición, velocidad, y color, para su transmisión, en forma de potenciales eléctricos, a lo largo de los axones de las células ganglionares de la retina (el nervio óptico) hacia los núcleos geniculados laterales del tálamo y posteriormente a la corteza visual (Cohen, 1987).

Los estudios neurofisiológicos de Barlow (1953), Kuffler (1953) y Hartline y Ratliff (1957) fueron los primeros en señalar que la interpretación de la imagen visual comienza en la retina y no en la corteza visual; actualmente se sabe que la retina es responsable de la etapa de procesamiento preliminar de la detección de los bordes o contornos. Los aspectos teóricos sobre la detección de los bordes han sido revisados por Marr y Hildreth (1980), quienes han indicado los dos requisitos necesarios para cualquier tipo de esquema de detección de bordes. El primer aspecto es la detección de los cambios de luminancia espacial a través de la imagen. El segundo consiste en diferenciar entre las variaciones de gran o pequeña escala, como las sombras y la textura, que pueden coexistir en la misma parte de la imagen. El sistema visual humano cumple estos requisitos gracias a la estructura de los campos receptores de la retina.

El campo receptor de una sola célula ganglionar es el área de retina cuya estimulación con luz provoca tanto una excitación como una inhibición del patrón de respuesta de la célula. Desde hace mucho tiempo se sabe que las células ganglionares de la retina tienen campos receptores de distintos tamaños (Kuffler, 1953). Los campos receptores pequeños se asocian tradicionalmente a la visión foveal de alta resolución y los grandes, a la sumación de las

respuestas de muchos fotorreceptores de la retina periférica, lo cual produce un aumento de la sensibilidad luminosa (Robson, 1975). Debido a que la visión foveal puede detectar tanto los estímulos de frecuencias espaciales bajas como altas, la fovea debe contener lógicamente campos receptores de distintos tamaños.

Los trabajos de Kaplan y Shapley (1986) y los de Merigan y Eskin (1986) entre otros han demostrado la existencia de dos tipos funcionales de células ganglionares en la retina de los primates con respuestas diferentes. Las células magnocelulares (M) son neuronas ganglionares con cuerpos celulares grandes, diámetro de axón grande y campos receptores grandes. Las células parvocelulares (P) son células pequeñas con campos receptores pequeños. La mayoría de los axones de las células ganglionares transmiten el impulso nervioso hacia el núcleo geniculado lateral donde sináptan con células que tienen propiedades funcionales similares, y en los primates se realiza a través de estas dos vías de proyección paralelas (Shapley, 1982; Stone, 1981).

Estos dos canales llamados parvosistema y magnosistema se diferencian tanto por su cromoselectividad como por su sensibilidad a los contrastes luminicos, su resolución temporal y su agudeza.

El magnosistema se caracteriza por tener una sensibilidad al contraste alta, mejor respuesta a estímulos acromáticos, resolución temporal alta, rapidez en sus respuestas, fundamentalmente a estímulos en movimiento y resolución espacial baja, es decir poca agudeza para ver los detalles. El parvosistema con una sensibilidad al contraste baja, responde mejor a estímulos de luminancia alta y contraste elevado, a estímulos cromáticos, a detalles y tiene una resolución temporal menos alta (Purpura et al., 1988; Zemon y Gordon, 1988). Se piensa que estas vías, también difieren en sus características espacio-temporales.

El interesante descubrimiento (Quigley et al., 1987 y Quigley et al., 1988), en el glaucoma crónico simple, de la pérdida selectiva de las grandes células ganglionares (M) de la retina, ha proporcionado una base para buscar cambios específicos en la enfermedad, usando entre otras técnicas las de sensibilidad al contraste espacial o temporal. Mientras que las causas de la enfermedad son desconocidas, la degeneración de las células ganglionares retinianas son el motivo de la posterior aparición de los defectos de campo visual.

Los datos obtenidos de investigaciones clínicas y experimentales implican que por razones desconocidas, los

daños visuales glaucomatosos, producen una lesión selectiva de las neuronas del sistema magnocelular fundamentalmente (Hodis Wollner, 1989). Estas células con campos receptores grandes son las responsables principales de la sensibilidad visual a formas relativamente grandes y de poco contraste.

Siguiendo estos razonamientos, los test psicofísicos y electrofisiológicos que ponen de manifiesto los defectos visuales debidos a este sistema celular pueden ser de utilidad en la detección de la enfermedad, debido a la aparente selectividad del proceso glaucomatoso precoz.

Entre estos test, la medida de la sensibilidad espacial al contraste, que nosotros usaremos en este trabajo de investigación, ha sido recomendada como un test potencialmente útil para identificar, tanto los ojos hipertensos oculares que tienen particularmente riesgo de desarrollar glaucoma, así como para detectar la progresión de la lesión glaucomatosa precoz (Arden, 1978; Arden y Jacobson, 1978; Hitchings et al., 1981; Ross et al., 1985a).

La primera medida de la sensibilidad al contraste en el hombre fue hecha por ingenieros. Schade (1956) la usó para estudiar el procesamiento de la información visual espacial, y De Lange (1958) la utilizó para estudiar el

procesamiento de la información temporal. Durante los años 60, los estudios psicofísicos de Campbell y otros autores demostraron que muchos de los principios de procesamiento de la información utilizados en óptica física se pueden aplicar también a la visión. Esta proposición inspiró gran parte de la investigación psicofísica que, junto con otros estudios fisiológicos de interés, especialmente los de Hubel y Wiesel (1982), condujeron a un avance significativo en la comprensión de la visión.

La valoración de la sensibilidad al contraste se ha propuesto como una poderosa herramienta para determinar la capacidad del sistema visual para transmitir o filtrar la información espacial y temporal acerca de como vemos los objetos de nuestro entorno. Todavía hoy en día, la valoración de la función visual consiste, habitualmente, en la medida de la agudeza visual Snellen (Snellen, 1869). Desafortunadamente, esta medida proporciona una información limitada acerca del sistema visual, ya que sólo nos informa de un aspecto como es la visión de letras pequeñas y de alto contraste, pero no nos dice nada acerca de la visión de objetos relativamente grandes y de poco contraste.

Ha sido a partir de los estudios fisiológicos conducidos principalmente por Campbell y Green (1965) y de los estudios fisiopatológicos en pacientes (Bodis-Wollner y

Diamond, 1976; Bodis-Wollner, 1980) cuando se ha empezado ha introducir la sensibilidad al contraste en la práctica clínica, ya que además de los aspectos relativos a la visión, la medición de la sensibilidad al contraste puede ser un parámetro clínicamente útil para detectar diversos estados patológicos (Arden, 1978; Ginsburg, 1984; Hess, 1984; Woodhouse, 1987).

A continuación valoramos, desde la bibliografía actual, tres aspectos de la función visual: sensibilidad al contraste, presión intraocular y la relación entre ellos, con los que trabajamos en esta investigación, a propósito de los últimos descubrimientos y teorías de los distintos grupos científicos en este campo.

2.2. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

La sensación de claridad y oscuridad, que nos proporciona las bases de la percepción de la forma, no depende simplemente del nivel absoluto de luz, sino fundamentalmente del contraste (Land, 1971; Shapley, 1986). Estos resultados sobre la percepción fueron confirmados por los neurofisiólogos, que encontraron que la respuesta de las neuronas de la corteza visual primaria es mucho mayor para estímulos con regiones de contraste entre luz y oscuridad que aquellos estímulos que contenían campos uniformes de luz (Hubel y Wiesel, 1962)

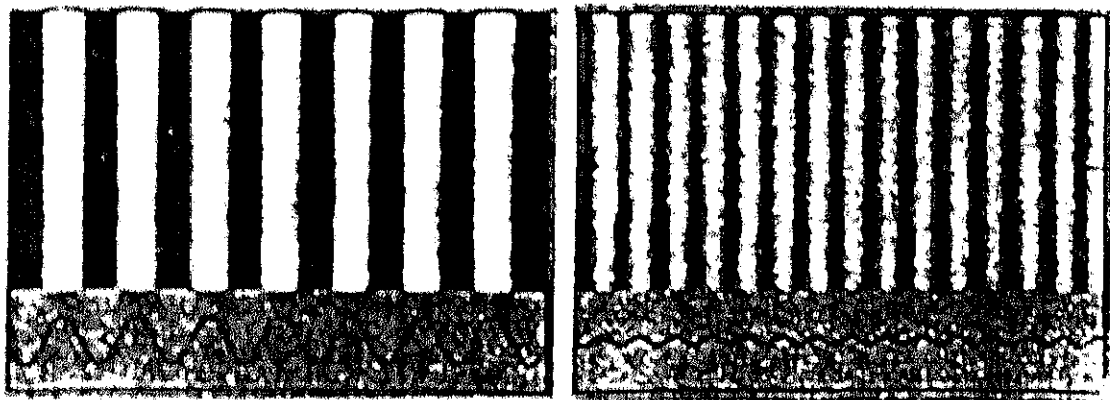
Se puede decir que la imagen recibida por la retina es únicamente un patrón de diferentes intensidades y longitudes de onda de la luz, que cambian de un instante a otro. Estas variaciones espaciales y temporales de la imagen aportan la única información disponible para el procesamiento visual. Los objetos sólo se pueden ver si su luminancia o distribución de colores es diferente de la del fondo. Es decir, las diferencias de luminancia son esenciales para la percepción de los contornos, puesto que el procesamiento visual comienza con la detección de los bordes (Gilchrist, Delman y Jacobson, 1983)

Gracias a los trabajos publicados por el matemático francés Fourier (Fourier, 1822), sabemos que cualquier escena visual puede ser sintetizada por la suma de diferentes componentes de ondas sinusoidales. El principio de la síntesis de Fourier afirma que cualquier frente de onda, con independencia de su complejidad, se puede construir a partir de un número de ondas sinusoidales de distinta frecuencia y amplitud. Este mismo principio se emplea en los sintetizadores de música que construyen sonidos a partir de unos perfiles sinusoidales. El análisis de Fourier se basa precisamente en el proceso inverso de elaborar el conjunto de frecuencias sinusoidales a partir de una determinada forma de onda. El análisis de frecuencia de estímulos visuales se ha utilizado ampliamente desde 1960, aunque en realidad ya fue propuesto en 1866 por el físico y filósofo Ernst Mach.

Por ello, el mejor estímulo para evaluar la visión espacial, son los patrones de redes de ondas sinusoidales, debido a sus características elementales. En ellos un patrón luminoso varía sinusoidalmente a través del espacio, de tal forma que para detectar su presencia, debe existir suficiente contraste entre las franjas alternativamente claras y oscuras.

Entendemos por contraste (Michelson, 1891) la magnitud del cambio de luminancia entre dos puntos de la imagen, o expresado de otra forma la diferencia existente entre los coeficientes de reflexion de la luz que presentan dos superficies vecinas iluminadas simultáneamente. El contraste indica la "fuerza" del borde y determina la facilidad con que puede verse el contorno.

La frecuencia espacial es la "escala" en la que ocurren los cambios de luminancia de la imagen. Las frecuencias espaciales altas se corresponden con múltiples cambios de luminancia entre dos puntos y, por tanto, se asocian a los detalles finos y a la textura. Las frecuencias espaciales bajas se corresponden con cambios que se extienden sobre áreas más amplias de la imagen, como pueden ser las producidas por grandes objetos o sombras sobre una superficie.



Redes de ondas sinusoidales con diferente contraste y frecuencia espacial.

Generalmente la frecuencia espacial de la red se expresa en términos de ángulo visual, es decir, número de periodos de la red o ciclos completos de alternancias luminosas por cada grado de ángulo visual. Por lo tanto, si hay dos periodos espaciales en un grado de ángulo visual en el ojo, la frecuencia espacial es 2 de ciclos por grado. El hecho de expresar la frecuencia espacial en términos angulares elimina la necesidad de mencionar la distancia de observación.

Si concebimos una figura objeto como un conjunto de redes o componentes sinusoidales de diferente frecuencia espacial, orientación y contraste; las redes compactas (de alta frecuencia) serán las que contribuyan a la formación de los pequeños detalles en la figura objeto y las de baja frecuencia a los grandes detalles o formas generales.

A pesar de que no está muy claro que el sistema visual pueda actuar como un analizador de frecuencias espaciales, pues se ha sugerido que procesa señales por medio de diferentes "canales selectivos" para distintas frecuencias espaciales y temporales, de tal forma, que el canal que responde mejor a líneas finas y bordes marcados, puede ser distinto de aquél que responde preferentemente a los cambios graduales de contraste de las redes de franjas anchas, sin embargo, si se ha comprobado que existen

células simples de la corteza visual que responden sólo a bandas de frecuencia espacial estrecha, y su respuesta es más intensa ante redes cuadradas o cualquier línea simple, barra o borde (Maffei et al., 1974; Glezer et al., 1976-1977; De Valois, 1977).

2.2.1. FUNCIÓN DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE ESPACIAL

Cuando se forma una imagen mediante un sistema óptico, las aberraciones provocan una disminución de la amplitud (contraste) de todas las frecuencias espaciales, desapareciendo éstas si el contraste se hace igual a cero. Si se conoce el grado de pérdida de contraste de cada frecuencia espacial, se puede describir en su plenitud la calidad del sistema. La relación entre la pérdida del contraste y la frecuencia espacial se denomina función de transferencia de modulación (M.T.F.) del sistema, que especifica como reproduce el sistema el contraste en la imagen para diferentes frecuencias espaciales. (Cornsweet, 1970).

La función espacial del sistema visual se puede describir por una M.T.F. (Solwyn, 1948; Schade, 1956). Esta función visual depende, en parte, del sistema óptico del ojo y, en parte, del procesamiento neuronal de la imagen. Como la calidad de la imagen retiniana depende de la

función óptica del ojo, para su diferenciación puede hablarse de la función de transferencia óptica. La forma exacta de esta función ocular depende fundamentalmente del diámetro de la pupila, que determina la contribución de las aberraciones oculares, aunque en general el contraste se reduce progresivamente conforme aumenta la frecuencia espacial, con una pérdida de las frecuencias espaciales altas. Por eso, la consecuencia de la función de transferencia óptica ocular es una imagen retiniana con menor contraste y algo más borrosa que la del objeto correspondiente (Campbell y Gubisch, 1966).

Como indican Marr y Hildreth (1980), el requisito básico para la detección de los bordes es el contraste y todo borde es analizado en componentes de ondas sinusoidales. Por ello, la determinación de la cantidad de contraste que es necesaria para detectar las ondas sinusoidales de las distintas frecuencias espaciales representa un método útil para conocer la función espacial del sistema visual, ya que su M.T.F. no se puede obtener directamente debido a que no podemos medir el contraste de la imagen en el cerebro, sin embargo, sí podemos medir la sensibilidad al contraste.

El contraste que es necesario para poder detectar una red se conoce como umbral de contraste para esa frecuencia

espacial determinada y su valor inverso se define como *sensibilidad al contraste*. En consecuencia, la gráfica que muestra la cantidad de contraste imprescindible para detectar redes de distinta frecuencia espacial se conoce *umbral de la función de sensibilidad al contraste espacial* (C.S.F.) (Campbell y Maffei, 1974).

En realidad la función de sensibilidad al contraste (C.S.F.) es una forma de M.T.F. del sistema visual que incluye la función óptica del ojo y el procesamiento neuronal de la vía visual.

Esta función espacial se caracteriza por tener un pico de máxima sensibilidad al contraste alrededor de 3 a 10 ciclos/grado, disminuyendo la sensibilidad para frecuencias espaciales más altas y más bajas, aunque para detectar detalles finos (frecuencias espaciales altas) se requiere más contraste que para ver los objetos grandes debido a que la sensibilidad es mejor para las frecuencias bajas (franjas anchas). Así, por ejemplo, cuando se conduce con niebla, situación en la que el contraste es muy reducido, el contorno de otro vehículo es más fácil de detectar que el detalle de los números de la matrícula.

Hay que advertir que, a medida que aumenta el grado de contraste, se aplana la C.S.F., lo que indica que, cuando

el contraste es adecuado, los bordes de cualquier frecuencia espacial se detectan más o menos igual.

2.2.2. AGUDEZA VISUAL Y SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

La agudeza visual se puede predecir a partir de la sensibilidad al contraste, pero no a la inversa. Las pruebas de agudeza visual miden el poder de resolución espacial del sistema visual, es decir, determinan el detalle más pequeño (máxima frecuencia espacial) de máximo contraste, que se puede detectar.

El punto donde la extrapolación de la curva de la función de sensibilidad al contraste (C.S.F.) corta al eje de la frecuencia espacial representa una medida de la agudeza visual de la red. Por lo tanto, el examen de la agudeza visual sólo mide un punto de la C.S.F.

Según el tipo de notación Snellen, una agudeza visual unidad, considerada la normal en clínica, corresponde a una agudeza de red de 10 ciclos por grado, que significa una anchura de franja de un minuto de arco. Todo ello demuestra que la medición de la agudeza visual sólo especifica la habilidad del sistema para resolver detalles espaciales finos y de máximo contraste y proporciona muy poca información sobre como procesa el sistema visual el contraste de las imágenes de objetos de tamaño mediano o

grande. En otras palabras, esta determinación equivale a medir la audición, detectando el tono de frecuencia más elevada que se puede oír. En ambos casos, se omite una información esencial sobre las otras frecuencias igualmente necesarias para valorar la función visual, ya que la premisa de que una buena agudeza visual implica también que la persona sea capaz de ver bien los objetos grandes, es falsa.

Por lo tanto, la agudeza visual del sujeto no predice la sensibilidad a las frecuencias espaciales bajas e intermedias (Cinaburg, 1980). Según Vaegan y Halliday, (1982) no hay correlación entre la agudeza visual y la sensibilidad al contraste por debajo de 2 ciclos/grado.

En los últimos años la función de sensibilidad al contraste se ha empezado a usar para describir la visión espacial del hombre, puesto que la C.S.F. da mayor información acerca del estado visual, que la que se obtiene através de medidas clínicas más comunes, como es la agudeza visual (Sekuler et al., 1982).

Los test estándar de agudeza visual no asesoran adecuadamente sobre cómo ve la persona. Ejemplos de este hecho los encontramos en casos clínicos en los que no está afectada la agudeza visual apesar de existir graves

problemas visuales, por ejemplo, la esclerosis múltiple se acompañan frecuentemente de C.S.F. anormales (Regan et al., 1977; Ginzburg, 1978; Regan et al., 1981; Bodis-Wollner et al., 1980).

Una sensibilidad al contraste reducida en el rango de las frecuencias espaciales bajas puede ir todavía acompañada por una agudeza visual Snellen normal ya que ésta va asociada al funcionamiento de la fovea central, mientras que la sensibilidad a las frecuencias espaciales bajas requiere una integración funcional sobre un área de la retina más grande que la fovea central. Por lo tanto, la medida de la sensibilidad al contraste a frecuencias espaciales bajas es una medida útil en pacientes con agudeza visual normal o casi normal que se quejan de visión pobre o disminuida, y en los pacientes con agudeza visual reducida proporciona información adicional acerca de su discapacidad visual (Elliot y Whitaker, 1992). El estímulo en las pruebas de sensibilidad al contraste suele ocupar los nueve grados centrales del campo visual y en algunos estudios solamente cuatro grados (Bodis-Wollner, 1989).

Además de su papel en el diagnóstico de problemas visuales, la C.S.F. puede ser una herramienta para el screening visual. Pacientes con una agudeza visual similar pueden diferir significativamente uno de otro en su

sensibilidad al contraste (Ginsburg et al., 1980). Igualmente, la C.S.F. predice mejor que la agudeza, la habilidad para detectar e identificar objetos espaciales complejos (Ginsburg, 1978; Ginsburg et al. 1982).

2.2.3 FACTORES DE VARIACIÓN SOBRE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

En relación al efecto de la edad sobre la C.S.F., éste ha sido estudiado en la última década por numerosos investigadores. Aunque en los adultos se han referido cambios sistemáticos con el incremento de la edad, en otros trabajos de investigación no se han observado estos resultados.

En la población infantil, uno de los primeros estudios (Atkinson et al., 1977) encuentra que la C.S.F. de los bebés y niños está desplazada hacia sensibilidades de contraste menores, en comparación con la C.S.F. de un adulto normal.

En los niños se ha visto que la sensibilidad al contraste se incrementaba gradualmente con el aumento de la edad en todas las frecuencias espaciales (Beazley et al., 1980; Bradley y Freeman, 1982; Rogers et al., 1987; Scharre et al., 1990). En el estudio de Beazly et al. (1980) con 115 sujetos entre 3 y 29 años, los máximos niveles de sensibilidad se alcanzaban en la adolescencia, en el grupo de

edad de los 18 a 29 años, y la velocidad de incremento en la sensibilidad al contraste se inclinaba ser constante para todas las frecuencias espaciales examinadas.

Scharre et al. (1990) han estudiado la C.S.F. en una población de 280 niños y 50 adultos jóvenes con el test de Vistach (VTS) y también han informado que la sensibilidad se incrementa uniformemente como función de la edad, pero que los niños alcanzaban el nivel de sensibilidad al contraste de adultos a partir de los 7 años y el pico de máxima sensibilidad se mantenía en 6 c/g para todos los grupos de edad. Para Rogers et al. (1987) los valores adultos se adquieren a los 10 años.

El efecto de la edad sobre la sensibilidad al contraste a las diferentes frecuencias espaciales es un tema muy debatido, sobre el cual no existe un acuerdo general entre los distintos investigadores.

Cómo se ha demostrado en varios estudios, la disminución de la sensibilidad al contraste con la edad, afecta particularmente a las frecuencias espaciales altas e intermedias (Dawley et al., 1983; Ross et al., 1985; Wright y Drasdo, 1985; Elliot, 1987; Jiang et al., 1990). Sin embargo, en otros trabajos se ha informado de una disminución generalizada a todas las frecuencias espaciales

conforme aumenta la edad (Skalka, 1980; Ross et al., 1985; Greene y Madden, 1987; Korth et al., 1989)

En cuanto a las causas de la disminución de la sensibilidad al contraste con la edad, tanto Owsley et al. (1984) como Wright y Drasdo (1985) concluyeron que la principal fue la reducción en el diámetro de pupila y el incremento de la absorción de luz por los medios oculares con el avance de la edad, reduciendo por lo tanto la iluminación que llega a la retina. Sin embargo, Elliot (1987) mediante el empleo de franjas de interferencia que se proyectaban directamente en la retina para medir la función (P.D.F.), concluyó que la disminución en la capacidad neuronal era el principal factor. Conclusiones similares fueron alcanzadas por Sloane et al. (1988) que consideraron que el incremento en la dispersión de la luz y absorción, debida a la vejez del cristalino, eran factores substancias importantes.

Weale (1963) ha estimado que a mediados de la década de los 60 años, el ojo transmite aproximadamente un tercio de la luz transmitida por los ojos de 20 años. Esto se debe principalmente a dos cambios ópticos en los últimos años de vida (Weale, 1963): una reducción en el tamaño de la pupila (miosis senil) y un incremento en la densidad óptica del cristalino. Por lo tanto, una iluminación retiniana

reducida disminuye la sensibilidad al contraste a frecuencias espaciales altas (Kelly, 1972). Esto es confirmado por Owsley comparando la sensibilidad al contraste de ancianos con la de sujetos jóvenes a los que les pone un filtro para reducir su iluminación retiniana.

En cuanto a influencia de las condiciones luminosas, los resultados de Van Nes y Bouman (1967), muestran una firme disminución de la sensibilidad al contraste con la reducción de la luminancia, junto con un desplazamiento del pico de máxima respuesta hacia frecuencias menores. Resultados similares han sido encontrados por Sloane et al. (1988).

El reconocimiento en todas las frecuencias es más fácil cuando la luminancia media es elevada (van Moeteren y Vos, 1973), lo que resalta la importancia de una buena iluminación para la visión (Sheedy, Bailey y Raasch, 1984). En general, el examen de la sensibilidad al contraste se realiza bajo condiciones de luminancia fotópica.

El efecto de una imagen retiniana desenfocada sobre la C.S.F. ha sido descrito por Green y Campbell (1965). Cuando el sistema óptico del ojo está desenfocado la imagen formada en la retina, tendrá un contraste reducido comparado con un ojo que focaliza bien, y para poder

detectar la red, habría que aumentar correspondientemente el contraste del objeto. Pero la C.S.F. depende, no sólo de la cantidad de dioptrías fuera de foco, sino también de la frecuencia espacial de la red objeto. Mientras que las redes de frecuencia espacial alta (franja estrechas) están muy afectadas por la borrosidad, las redes de frecuencia espacial baja presentan el mismo umbral antes y después del error de focalización.

En otro artículo de los mismos autores, se vuelve a informar que la disminución del contraste de la imagen es menor para las redes de franjas anchas que para las redes de franjas más finas (Campbell y Green, 1965). Es decir los errores refractivos sin compensar dan lugar a pérdidas más severas de sensibilidad al contraste en las frecuencias espaciales altas que en las bajas.

Charman (1979) también ha investigado esta función de sensibilidad al contraste experimentalmente, para varios niveles de desenfoque y diámetro pupilar. Sus resultados confirman una mayor tolerancia a los errores de focalización en las frecuencias espaciales bajas (menores de 10 ciclos/grado).

Cuando el error refractivo está corregido, según algunos autores, la miopía afecta a la sensibilidad al

contraste de las frecuencias espaciales altas (Fiorentini y Maffei, 1976; Gimenez et al. 1992). Sin embargo, otros autores no encuentran ningún efecto, si la miopía está bien corregida, sobre la agudeza visual o la sensibilidad al contraste (Thorn et al., 1986; Bradley et al. 1991 a).

Por otro lado, el estudio de Bradley demuestra que los efectos de los miopes sin corregir no están restringidos solo a las frecuencias espaciales altas como comentan Green y Campbell, 1965; Herse y Bedell, 1989; Kay y Morrison, 1987, sino, que también las frecuencias espaciales bajas son sensibles a errores refractivos sin corregir, es decir hay una disminución generalizada de la sensibilidad al contraste, aunque menos notable en las frecuencias bajas y con mayor efecto sobre las frecuencias altas.

Este pequeño efecto sobre la sensibilidad al contraste para las frecuencias bajas confirma los primeros estudios de laboratorio (Campbell y Green, 1965) así como también otros posteriores (Zhang et al., 1989; Kay y Morrison, 1987). Sin embargo, el desenfoque óptico tiene un efecto muy grande sobre la sensibilidad al contraste para frecuencias espaciales altas y letras pequeñas (Herse y Bedell, 1989; Kay y Morrison, 1987).

Bradley et al. (1991b) han estudiado el efecto del sistema ocular desenfocado, $\pm 5,00$ dioptrías, sobre la sensibilidad al contraste medida con el test VCTS de Vistech. Como se esperaba las frecuencias espaciales altas del Vistech fueron sensibles al desenfoque, y aunque menos también disminuyó la sensibilidad a las frecuencias espaciales bajas.

Thorn (1990) también investiga el efecto de la borrosidad sobre la sensibilidad al contraste usando el test VCTS de Vistech, sobre 10 estudiantes de optometría en U.S.A. y encuentra que una dioptría de borrosidad afecta a la pérdida de sensibilidad a las frecuencias espaciales altas como era de esperar, sin embargo una segunda dioptría de borrosidad induce una pérdida de sensibilidad al contraste igual para todas las frecuencias espaciales. Los resultados concuerdan con los de Marmor y Gawande (1988) que también exploran el efecto de la borrosidad en el Vistech y obtiene una pérdida de la sensibilidad al contraste sobre un amplio rango de frecuencias espaciales.

Las alteraciones en la C.S.F. se refieren generalmente a defectos, bien en el sistema óptico (ojo-lente correctora), que afecta principalmente a la sensibilidad al contraste para las frecuencias espaciales altas, o bien a defectos en el sistema retina-cerebro, que afecta

principalmente la sensibilidad al contraste para las frecuencias espaciales bajas y medias. El componente neuronal de la C.S.F., teóricamente, permanece sin afectar por cambios ópticos, que alteran solamente la calidad de la imagen retiniana.

Por lo tanto, en relación al efecto de las lentes de contacto, las alteraciones en la C.S.F. de usuarios ocularmente sanos de lentes de contacto se asume que son indicativas de una aberración o defecto en el sistema óptico (Kirkpatrick Roggenkamp, 1985).

Haciéndose en un estudio, donde se comparaba la agudeza visual obtenida en usuarios de lentes de contacto tanto blandas como duras con la de los que utilizaban gafas, Wechsler (1978) ha dicho que, aproximadamente el 25% de su población portadora de lentes de contacto mostraba una disminución en la agudeza visual incluso cuando el error refractivo estaba totalmente corregido.

Hay muchas explicaciones posibles para este fenómeno, generalmente una disminución en la agudeza visual se puede explicar debido a que la superficie de la lente de contacto es ópticamente peor que la superficie corneal normal. Westheimer (1961) ha dicho que la aberración esférica es la aberración más importante en las lente de contacto. Más

recientemente Bauer (1980) ha demostrado que las lente de contacto que tienen superficies esféricas producen aberraciones esféricas longitudinales significativas en comparacion con los cristales de las gafas.

Las primeras investigaciones demostraron una correlación positiva entre usuarios de lentes de contacto blandas y una disminución en la C.S.F. (Applegate y Massof, 1975; Woo y Hess, 1979). La sensibilidad al contraste era menor con lentes de contacto que con gafas y estas diferencias tendian a ser mayores para el grupo de usuarios de lentes de contacto blandas que para los que utilizaban lentes de contato duras (Applegate y Massof, 1975). En el estudio que realizan Bernstein y Brodrick (1981) encuentran pocas evidencias de degradación visual inducida por el uso de lentes de contacto blandas recién adaptadas, durante 18 horas seguidas. Sin embargo, Mitra y Lamberts (1981) observan que la sensibilidad al contraste fue menor con lentes de contacto blandas que con gafas para casi todas las frecuencias espaciales en los 12 sujetos examinados.

Para Kirkpatrick y Roggenkamp (1985) la sensibilidad al contraste con lentes de contacto blandas sólo fue significativamente menor para las frecuencias espaciales

altas cuando se comparaba con la sensibilidad medida con gafas.

Sifre et al. (1993) han comparado la sensibilidad al contraste obtenida con lentes de contacto envejecidas y con lentes de contacto nuevas o gafas. Sus resultados muestran una disminución significativa de la sensibilidad al contraste medida con las lentes de contacto usadas a todas las frecuencias espaciales, respecto de los valores de sensibilidad al contraste obtenidos con gafas o con lentes de contacto nuevas, siendo estos últimos bastante parecidos entre si. El uso prolongado de las lentes de contacto reduce la visión debido, tanto a la acumulación de enzimas y otros contaminantes, como al deterioro físico causado por la pérdida de transparencia y posible rayamiento.

En cuanto a las enfermedades oculares, uno de los primeros informes del examen de la sensibilidad al contraste en una situación clínica fué el de Bodis-Wollner en 1972. Este estudio versaba sobre los deficits de sensibilidad al contraste espacial en pacientes con lesiones cerebrales y agudeza visual casi normal. Posteriormente, se comunicaron muchas situaciones clínicas en las que la sensibilidad al contraste era anormal a pesar de tener una agudeza visual normal.

En enfermedades oculares específicas, frecuentes en la vejez, se han observado modificaciones en la forma de la función como por ejemplo, enfermedades maculares: Sjostrand y Frisen (1977); cataratas: Hess y Woo (1978); glaucoma: atkin et al.(1979).

Las diferentes modificaciones en la curva de la C.S.F. pueden indicar distintos tipos de problemas visuales, ya sean de tipo óptico, patológico o neurológico. Casi cualquier cambio en el sistema visual, desde los medios oculares a la retina y corteza visual, pueden alterar la C.S.F..

Una respuesta atenuada en las frecuencias espaciales altas suele estar originada por errores refractivos no corregidos, edema corneal o algunos tipos de ambliopía, en estos casos el sujeto tendrá una pérdida de agudeza visual. Una respuesta global atenuada en todas las frecuencias espaciales, fundamentalmente en las intermedias se suele dar en casos de esclerosis múltiple (Regan et al. 1977), opacidad de los medios oculares y neuritis óptica (Hess y Plant, 1986; Frisen y Sjöstrand, 1978; Zimmern et al., 1979) y en algunos casos de ambliopía. Mientras que una respuesta disminuida en las frecuencias espaciales bajas suele ser más bien de origen neuronal (ciertas lesiones retinianas) y han sido referidas en enfermedades como el

glaucoma con poco o ningún cambio en los rangos de frecuencia espacial alta (Ginsburg, 1981). Este aspecto del glaucoma y sus modificaciones en la función de sensibilidad al contraste será comentado en el apartado correspondiente.

En la ambliopía no se han encontrado patrones típicos de modificaciones. Algunos ambliopes muestran una pérdida sólo a frecuencias elevadas, mientras que en otros están afectadas todas las frecuencias (Brown, Doran et al., 1987).

En personas con cataratas incipientes la agudeza visual suele ser normal, por lo que las medidas de sensibilidad al contraste pueden ayudar a determinar si enviar un paciente a cirugía (Elliot y Whitaker 1992). Sin embargo, en cataratas más avanzadas hay un descenso generalizado en las frecuencias espaciales altas y medias, aunque estas pérdidas específicas pueden no ocurrir en algunos casos.

2.3. PRESIÓN INTRAOCULAR (P.I.O.)

2.3.1. CONCEPTO

La presión intraocular (P.I.O.) es la presión hística del contenido ocular y se considera dentro de las constantes orgánicas del cuerpo humano como la temperatura, frecuencia del pulso cardíaco, presión arterial etc..

La estabilidad de la P.I.O. es una condición previa para una perfecta función visual, y de ella depende en cierta manera la transparencia de la córnea y demás medios refractivos. También depende de la P.I.O. mantener constante la distancia óptima entre córnea, cristalino y retina. La P.I.O. permanece estable en un individuo gracias a que la tasa de producción de humor acuoso es igual a la tasa de eliminación y este equilibrio se mantiene gracias al sistema de intrarregulación del ojo. Además la P.I.O. está condicionada por la presión ejercida por el contenido del globo ocular, por la elasticidad de la pared del globo, y por la presión de los músculos extraoculares (musculatura extrínseca).

Ya en 1958 Leydhecker dijo que la P.I.O. que se considera normal es de 15 mm Hg y las variaciones que puede sufrir en el adulto sano sitúan sus límites entre 10 y 20 mm Hg. Esta P.I.O. puede sobrepasar sus límites normales de

variación, dando lugar a la hipertensión ocular, cuando esta aumentada y a la hipotensión ocular cuando está disminuida. Ambas alteraciones de la P.I.O. originan cuadros patológicos, que cuando actúan durante un tiempo prolongado, producen graves daños en la estructura y función ocular.

2.3.2. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS DE LA PRESIÓN INTRAOCULAR

La distribución de la presión intraocular en la población general aparentemente sana es casi gaussiana, excepto por una leve inclinación hacia las presiones superiores. El valor medio es de aproximadamente 15 mm Hg, y dos desvíos estándar a cada lado de la media da una escala de "normalidad" que va de los 10 a los 20 mm Hg . Esto, sin embargo, no separa los valores fisiológicos de los patológicos (Armaly, 1965).

El estudio de población que se menciona con mayor frecuencia es el de Leydhecker y colaboradores en 1958 en el cual 10.000 personas, sin enfermedad ocular conocida, fueron examinadas con tonómetros de Schiotz. Estos investigadores obtuvieron una curva de Gauss, pero que se inclinaba hacia las presiones más altas. Los posteriores estudios de investigación de la P.I.O., usando la tonometría por indentación o aplanación han estado de

acuerdo con los hallazgos de Leydhecker respecto de la distribución de la presión en la población general, con pequeñas diferencias, relacionadas posiblemente con la población seleccionada y las técnicas de examen (Segal y Skwierczynska, 1967; Armaly, 1965; Hollows y Graham, 1966; Perkins, 1965; Loewen et al., 1976; Ruprecht et al., 1978; Carel et al., 1984).

En lo que corresponde a las variables fisiológicas que afectan a la P.I.O., son muchos los factores que influyen sobre ella. Algunos de éstos, como la genética, la edad, el sexo, los errores de refracción y la raza, pueden ejercer una importante influencia sobre la presión, mientras que otros factores causan fluctuaciones en un plazo breve.

Con referencia a las influencias a largo plazo los cambios de presión son resultado de un cambio permanente de un parámetro básico de la formación y eliminación del humor acuoso. En general, la causa más común de una P.I.O. crónicamente elevada es una disminución en la facilidad de salida trabecular.

Respecto a la genética, la P.I.O. dentro de la población general parece estar bajo influencia hereditaria (Armaly, 1967; Levene et al., 1970), posiblemente de manera poligenética, multifactorial. Además, los parientes de

pacientes con glaucoma de ángulo abierto tienden a tener P.I.O. más elevadas (Armaly, 1965; Seddon et al., 1983).

Si tomamos en consideración la edad, las afirmaciones en la literatura que se refieren a la asociación de la P.I.O. y la edad son conflictivas. Se sabe con razonable certeza que los niños más pequeños tienen presiones inferiores a las de la población general. Se ha informado que en los recién nacidos (Radtke y Cohan, 1974), la P.I.O. media, usando sólo anestesia tópica para la tonometría, es de $11,4 \pm 2,4$ mm Hg, y en niños menores de 4 meses de edad, el valor es de $8,4 \pm 0,6$ mm Hg. En uno de los estudios, la P.I.O. media para los niños, medida bajo anestesia con halotano, fue de 7,8 mm Hg al año de edad, con un aumento gradual de casi 1 mm Hg por año de edad hasta los $11,7 \pm 0,6$ mm Hg a los 5 años (Goethals y Missotten, 1983).

Duckman y Fitzgerald (1992) utilizando el tonómetro de no contacto de Keeler encuentran que la P.I.O. en los niños entre 7 meses y cinco años es significativamente más baja en todas las edades estudiadas que en la población adulta y que existe una relación positiva significativa entre la edad y el incremento de la P.I.O.. Kohl et al. (1989) obtienen unos resultados muy similares con el mismo modelo de tonómetro.

La distribución de la P.I.O. en la población general entre 20 y 40 años de edad es gaussiana (Armaly, 1965). A partir de los 40 años la curva comienza a desviarse hacia presiones más altas según avanza la edad (Armaly, 1965; Loewen et al., 1976; Ruprecht et al., 1978). Algunos investigadores consideran que esto se debe a una correlación positiva entre la P.I.O. y la edad (Armaly, 1965; Klein y Klein 1981; Hiller et al., 1982). En cambio, otros han encontrado una correlación débil (Carel et al., 1984) o negativa (Shiose, 1984) y sugieren que otros factores, como la frecuencia del pulso (Carel et al., 1984), la obesidad o la presión sanguínea (Shiose, 1984), pueden ser responsables del aumento aparente en la P.I.O. que se produce con el avance de la edad. La investigación de Shiore con 200.000 personas encuentra que la P.I.O. en la población japonesa después de los 40 años disminuye con la edad en ambos sexos, pero de forma más marcada en los hombres.

Según Shiore (1990) el efecto conjunto de la obesidad y de la hipertensión arterial en los países occidentales podría, posiblemente, superar la tendencia reductora de la edad sobre la P.I.O. observada en la población japonesa, que es dos veces menos obesa e hipertensa que la población estadounidense, posiblemente debido a las diferentes constituciones y dietas.

En estudios longitudinales se ha demostrado una disminución de la P.I.O. con el paso de los años (Perkins, 1973; Sorensen et al., 1978). Linnér (1976, 1980) siguió durante 10 años a 92 sujetos hipertensos oculares sin tratamiento y a 451 normotensos, notando una reducción general en la P.I.O. con la edad en ambos grupos.

Krieger et al. (1988) en un estudio transversal de las variables fisiológicas que afectan a la P.I.O. realizado en una población americana de indios Cherokee encuentran un ligero pero no significativo aumento de la P.I.O. con la edad siendo este aumento más evidente en la mujer (que además era más obesa). Estos mismos resultados obtiene en Nápoles Costagliola (1990).

Entre los 20 y 40 años la P.I.O. es igual en ambos sexos, sin embargo, en los grupos de mayor edad, el aumento aparente de la media de la P.I.O. que se observa con los años es mayor en las mujeres y coincide con la aparición de la menopausia, mientras que el aumento en la desviación estandard de la distribución de la P.I.O. es igual entre los sexos Armaly (1965).

Numerosos autores han encontrado que la varianza de la presión introcular aumenta con la edad. McCaghrey y McCaghrey (1991) obtienen también estos resultados y dicen

que esto podría ser debido a que hay distintos subgrupos de sujetos en la población: uno en el que la presión permanece constante a lo largo de toda la vida, otro en el que la presión se eleva, y quizás incluso uno en el que disminuye.

Graham (1978), en un estudio epidemiológico, afirmaba que el cambio en la media de la P.I.O. con la edad se debía a un incremento en la asimetría de la distribución. Esto implica que la mayoría de los sujetos tienen P.I.O. estables, mientras que se incrementan en una minoría.

Anteriormente, Leydhecker (1959) había propuesto que la tendencia natural de la curva de frecuencias, sesgada hacia los valores altos de P.I.O., estaba causada por la mixtura de dos distribuciones poblacionales, es decir, la población principal de ojos sanos y la población parcial con glaucoma sin detectar.

En cuanto a la raza se ha informado que las personas de raza negra tiene presiones intraoculares levemente superiores a las de los blancos (Klein, BE., Klein, R., 1981 y Hiller et al., 1982). En una población negra, sólo la desviación estandard de la P.I.O. aumentó con la edad, mientras que la media permaneció constante, y no se evidenciaron diferencias significativas entre los sexos (Kashgarian et al., 1966). También se ha encontrado que los

indios de una tribu de Nuevo México tenían una P.I.O. significativamente inferior que una población control (Kass et al., 1982).

En otros estudios epidemiológicos en St Lucia (Mason et al., 1989) y Barbados (Leske et al., 1989) se han encontrado mayores valores medios de P.I.O. para las personas negras, mayor prevalencia del glaucoma y además parece ser que la enfermedad empieza a una edad más temprana que en la población blanca.

En general podemos decir que las características más comunes observadas en las diferentes investigaciones respecto a la edad, sexo y raza, son las siguientes:

a) Hasta la edad de los 40 años, la P.I.O. es relativamente constante independientemente de la raza y el sexo (Armaly, 1965; Armaly, 1967; Hollows y Graham, 1966; Shiose, 1984; Shiose, 1984^b) y sigue aproximadamente una distribución normal (Armaly, 1965; Hollows y Graham, 1966).

b) Después de los 40, la P.I.O. puede incrementarse o disminuir dependiendo de la raza, pero es casi sin excepción mayor en las mujeres que en los hombres (Armaly, 1965; Armaly, 1967; Hollows y Graham, 1966; Shiose, 1984; Shiose, 1984^b; Banks et al., 1968; Graham, 1972).

c) Incluso entre los Europeos y los Americanos, la P.I.O. tiende a disminuir en la vejez (más de 70 años), especialmente en los hombres, de acuerdo con numerosos estudios (Armaly, 1965; Armaly, 1967; Hollows y Graham, 1966; Shiose, 1984; Shiose, 1984b). Según Shiose (1990) esto puede ser debido a la desaparición por defunción de los sujetos obesos e hipertensos, principalmente por accidentes vasculares, permaneciendo vivos solamente los sujetos sanos.

d) Después de los 40, independientemente del sexo y la edad, las desviaciones estandar tienden a incrementarse con la edad (Armaly, 1965; Armaly, 1967; Hollows y Graham, 1966; Shiose, 1984; Shiose, 1984^b).

Por su parte, las investigaciones sobre la asociación entre el error refractivo y la P.I.O. han producido diferentes resultados. Algunos de los estudios (Tomlinson y Phillips, 1970; Seddon et al., 1983; David et al., 1985; Abdalla y Hamdi, 1970) muestran una tendencia de la P.I.O. ha incrementarse desde la hipermetropía hacia la miopía, mientras que otros estudios no muestran asociación (Daubs y Crick, 1981).

Tomlinson y Phillips (1970) mencionan la existencia de una correlación positiva entre la P.I.O. y la longitud

axial del globo ocular. Así como Seddon et al. (1983) y Radtke y Cohan (1974) entre P.I.O. y miopías más elevadas. Sin embargo otro estudio de pacientes con miopia anisométrica no encuentra diferencias en la P.I.O. entre los dos ojos (Honami et al., 1982). Igualmente Daubs y Crick (1981) en un estudio de caso-control concluyen que el estado refractivo tiene poco o ningún efecto sobre la P.I.O..

En un grupo de niños chinos de 6 años, Edwards y Brown (1991) miden la P.I.O. y encuentran que el valor medio en el grupo miope es mayor respecto de los niños no miopes, siendo la diferencia entre los dos grupos significativa.

La asociación entre la miopia y el glaucoma de ángulo abierto se ha puesto de manifiesto, entre otros, por Perkins y Phelps (1987). Los miopes tienen mayor incidencia de glaucoma de ángulo abierto, y resulta difícil reconocer si las altas presiones que muestra este grupo son el reflejo de los casos precoces de glaucoma o si representan una verdadera distribución de mayores presiones intraoculares entre la población miope.

Considerados en los párrafos precedentes los factores que influyen a largo plazo en la P.I.O. seguidamente aportamos la síntesis de la revisión sobre la literatura

relativa a los factores que influyen a corto plazo en aquella.

Estos factores se han asociado con aumentos o caídas en la P.I.O. que duran desde pocos segundos hasta meses. Por ejemplo, la P.I.O. está cambiando constantemente aproximadamente ± 1 mm Hg alrededor de una presión media con las fases del pulso arterial, aproximadamente otro ± 1 mm Hg con las fases de la respiración y alrededor de una presión media a corto plazo con la hora del día y la estación del año. Los cambios locales de la presión arterial, como en el caso de una inclinación y esfuerzo, se reflejan rápidamente en la P.I.O. y sucesos locales, como el cierre forzado de los párpados, pueden elevar marcadamente la P.I.O..

Considerando las variaciones diarias, al igual que muchos parámetros biológicos, la P.I.O. está sujeta a fluctuaciones cíclicas a lo largo del día. La amplitud media informada de la fluctuación diaria va desde aproximadamente 3 mm Hg a 6 mm Hg (Kitazawa y Horie, 1975). En general se considera que una amplitud mayor de 10 mm Hg es patológica (Kitazawa y Horie, 1975; Newell y Krill, 1964). El modelo del ciclo diario de variación de la P.I.O. se ha descrito clásicamente evidenciando la máxima P.I.O. durante las horas de la mañana (Katavisto, 1964). Sin

embargo, estudios posteriores han revelado la existencia de multiples excepciones a esta regla, con frecuentes picos de presión en la tarde, al igual que cortas fluctuaciones durante el día (Henkind et al., 1973; Kitazawa y Horie, 1975).

Estadísticamente se ha confirmado que la P.I.O. muestra una variación estacional, siendo más baja en verano y más alta en invierno (Bengtsson, 1972; Shiose, 1984^b), pero la variación es pequeña.

Referente a la influencia de la postura son muchos los estudios que demuestran que la P.I.O. aumenta cuando se cambia desde la posición de sentado a la supina, habiéndose mencionado diferencias de presión media de 0,3 a 6,0 mm Hg. Sin embargo, algunos investigadores no han podido confirmar estos hallazgos en los ojos normales (Kindler-Loosli, Schmidt, 1975; Williams y Peart, 1978).

La influencia postural sobre la P.I.O. es mayor en los ojos con glaucoma (Anderson y Grant, 1973; Jain y Marmion, 1976). En pacientes con P.I.O. elevada pero sin evidencias de dano glaucomatoso, el 15% tuvo un aumento de la P.I.O. de 5 a 9 mm Hg cuando pasó de la posición sentada a la supina, y este aumento se mantuvo a través de los 4 horas que duró la observación (Leonard et al., 1983). No se ha

explicado el mecanismo del aumento de la presión en la posición supina, pero lo más probable es que se relacione con la hemodinámica ocular.

La inversión completa del cuerpo, esto es, sostenerse verticalmente con un pie desde una barra horizontal, tiene aún una mayor tendencia a aumentar la P.I.O.. En un estudio, tras 5 minutos de inversión, la presión promedio aumentó de $16,8 \pm 2,8$ a $32,9 \pm 7,9$ mm Hg en los ojos normales y de $21,3 \pm 2,3$ a $37,6 \pm 5$ mm Hg en los glaucomatosos (Cook y Friberg, 1984).

El esfuerzo es un factor que puede llevar a un aumento o a una disminución en la P.I.O., lo cual depende de la naturaleza de la actividad. Se ha mencionado que el ejercicio prolongado, como el correr o montar en bicicleta, disminuyen la P.I.O.. Se vió que ésta reducción era, de media, de un 24% del valor basal en los individuos normales (Lempert et al., 1967), y del 30 % en los pacientes con glaucoma de ángulo abierto (Kypke y Hermannspann, 1974), aunque los informes varían.

Passo et al. (1987) sometieron a 10 voluntarios sedentarios sanos a ejercicios de aerobio y encontraron una disminución en la P.I.O. después de un corto periodo de ejercicio, pero el cambio fué transitorio. Muchos

investigadores concuerdan en que probablemente son muchos los factores involucrados en la influencia del esfuerzo prolongado sobre la P.I.O..

Se ha demostrado que el fruncir los párpados aumenta la P.I.O. 10 mm Hg, mientras que el frotar los párpados con fuerza puede subirla hasta 90 mm Hg (Coleman y Trokel, 1969). También se ha demostrado que la repetida frotación de los párpados lleva a una leve reducción en la P.I.O., aunque menor en los ojos glaucomatosos (Green y Luxenberg, 1979). La apertura voluntaria de la hendidura palpebral causa un aumento de la P.I.O. de casi 2 mm Hg, que puede ser relacionado con un mayor volumen orbitario por la retracción del párpado superior en la órbita que empuja el globo ocular hacia delante en contra de los músculos oculares (Moses et al., 1984).

El movimiento del ojo hacia posiciones extremas de la mirada eleva levemente la P.I.O. debido a la tracción de los músculos extraoculares (Moses et al., 1982).

Con respecto a las alteraciones sistémicas muchos estudios han revelado la existencia de una correlación positiva entre la hipertensión sistémica, en especial el nivel sistólico, y la P.I.O. (Klein y Klein, 1981; Carel et al., 1984; Shioke, 1984; Leske y Podgor, 1983). También se

ha demostrado que la hipertermia causa un aumento en la P.I.O. (Shapiro et al., 1981). Otros de los factores sistémicos que se mencionan como correlacionados de manera positiva con la P.I.O. incluyen la obesidad y la glucemia (Hulpitt et al. 1975; Shiose, 1984; Shiose y Kawase, 1986). La P.I.O. también se correlaciona positivamente con la frecuencia cardíaca, en un pequeño grado, y la concentración de hemoglobina (Carel et al., 1984)

Cuando Shiose (1990) estratificó la muestra por presión arterial sistólica, índice de obesidad y edad, encontró que los jóvenes obesos e hipertensos tenían mayores P.I.O. que las personas mayores delgadas e hipotensas que mostraban las P.I.O. más bajas.

Otra alteración sistémica que se asocia con una P.I.O. anormal es la diabetes, en la cual se informó que los enfermos tienen mayores presiones que el resto de la población general (Leske y Podgor, 1983; Klein y Klein, 1984). Krieger et al. (1988) en una población de indios americanos encuentran que esta asociación es independiente del nivel de glucosa, presión sanguínea, índice de obesidad y edad. Estos mismos autores encuentran que tanto la obesidad como la presión sanguínea tienen efecto sobre la P.I.O. de forma independiente.

La anestesia general suele asociarse con una reducción en la P.I.O. (Duncalf, 1975). El comienzo del sueño o anestesia quirúrgica produce una rápida disminución de los valores tonométricos. En ambas condiciones los músculos extraoculares pierden el tono. Durante el estado de vigilia los músculos extraoculares están constantemente activos; formando un puente sobre el ecuador del globo ocular, los músculos ayudan a la delgada esclerótica ecuatorial a mantener la P.I.O.. Cuando se elimina el sostén muscular, la P.I.O. cae a medida que la esclerótica se estira levemente. También puede haber otros factores que mantienen una P.I.O. deprimida en estos estados como por ejemplo una disminución de la presión arterial. Además se ha informado que la producción de humor acuoso durante el sueño es de sólo la mitad de la tasa durante la vigilia (Reiss, 1984).

Muchas drogas y sustancias se han estudiado por sus efectos sobre la P.I.O.. Se ha demostrado que el alcohol disminuye la P.I.O., aunque algo más en los pacientes con glaucoma (Peezon y Grant, 1965). En otro estudio, los abstinidos tuvieron una mayor preponderancia de hipertensión ocular que aquellos que ingerían alcohol diariamente (Seddon et al., 1981).

La heroína y la marihuana disminuyen la P.I.O., mientras que el ácido lisérgico (LSD) la elevaba cuando fué administrado a conejos (Green, 1975)

El consumo de tabaco puede causar un aumento transitorio en la presión intraocular (Shephard et al., 1978). Se han demostrado correlaciones positivas, aunque débiles , entre P.I.O. y el hábito de fumar por Morgan y Drance (1975)

Durante décadas, los investigadores han tratado de determinar si la cafeína es perjudicial en los pacientes glaucomatosos, ya que los clínicos algunas veces han observado que parece haber efectos de incremento de la P.I.O.. Aunque, no ha emergido un claro consenso, tales efectos indudablemente parecen existir, muchas perturbaciones de la P.I.O. de cualquier clase están amplificadas en los ojos glaucomatosos en comparación con un ojo normal y además puede haber una amplia variabilidad de respuestas individuales a cualquier sustancia, incluyendo la cafeína (Davis, 1989).

2.3.3. PRESIÓN INTRAOCULAR Y GLAUCOMA

Aún cuando el glaucoma no es objeto de nuestra investigación debemos tenerlo en cuenta por su relación con la P.I.O. y con los últimos descubrimientos referentes a la sensibilidad al contraste como un elemento de apoyo en la detección precoz.

El glaucoma de ángulo abierto es una importante causa de deterioro visual y de ceguera irreversible en todo el mundo (Leske, 1981; US Dept of Health y Human Services, 1991; Hiller y Khan, 1975). Aunque la alteración afecta con mayor frecuencia a los ancianos se produce en todos los segmentos de la sociedad, con importantes consecuencias sanitarias y económicas. Se estima que es la tercera causa de ceguera en el mundo (Foster, 1990), mientras que en los países civilizados la desaparición de enfermedades como el tracoma ha dejado en destacado lugar al glaucoma como enfermedad prevenible y como importante causa de ceguera.

A diferencia de las cataratas y el tracoma, las dos causas más comunes de disfunción visual en el mundo, el glaucoma no puede ser diagnosticado por inspección ocular con instrumentos sencillos. De hecho, los métodos tradicionales de screening de glaucoma son inadecuados (Tielsch et al., 1991). La medida de la P.I.O. sola o

combinada con el examen de la papila, falla para detectar de un tercio a un medio de la población con pérdida de la función visual debida al glaucoma.

De los datos de prevalencia obtenidos en el informe ocular de Baltimore y de los datos del censo de 1990 en USA (Sommer et al., 1991; Tielsch et al., 1991) se puede apreciar la importancia del glaucoma de ángulo abierto como un grave problema de la salud pública. Aproximadamente 2.25 millones de americanos mayores de 40 años sufren de glaucoma de ángulo abierto y la mitad no son conscientes de que lo tienen. La enfermedad la padecen desproporcionadamente más las personas negras. Aunque los americanos negros son sólo el 10% de la población USA, en el grupo de edad mayor de 40 años, el 25% de los glaucomatosos son negros. Y, mientras que el glaucoma es la segunda causa más importante de ceguera irreversible entre los americanos blancos, ésta es la causa más importante entre los americanos negros. Este informe es destacable por ser el único estudio de población realizado en una población racial mixta y en él la prevalencia de glaucoma de ángulo abierto definitivo fue de 1,29% en la población blanca y del 4,74% entre la población negra. Si se incluyeran los casos probables de glaucoma de ángulo abierto, las estimaciones alcanzarían el 1,7% y 5,59% para las personas blancas y negras respectivamente.

Si seguimos los trabajos epidemiológicos en forma cronológica: Hollows y Graham, en 1966, en el informe de glaucoma Ferndale realizado en Wales, dan una frecuencia del 0,47%. Kahn et al., en 1977, y luego en 1989 analizan los resultados del estudio epidemiológico realizado en Framingham entre 1973 y 1975, en el cual él es uno de los colaboradores, y dice que la frecuencia del glaucoma es de 1,6%. Bengtson, en 1981, en el trabajo realizado en Lund, Suecia, realiza un estudio en el que da una frecuencia del 0,86%.

Desde el punto de vista del concepto, en realidad no hay una definición clara para esta enfermedad y bajo la denominación de glaucoma se incluyen cuadros patológicos de muy diferentes características. Teóricamente se puede definir como una neuropatía óptica progresiva como consecuencia de la elevación de la presión intraocular por encima del nivel fisiológico de los individuos.

El glaucoma de ángulo abierto es el tipo más común de glaucoma en la población adulta, es una enfermedad que se manifiesta por un aumento de la presión intraocular por encima de la zona de normalidad, que después de 7 a 14 años produce una excavación y palidez típica del disco óptico y una característica pérdida de la sensibilidad retiniana a la luz que se manifiesta en defectos típicos del campo

visual, como consecuencia de la muerte de las fibras nerviosas retinianas. Sin embargo, la historia natural y patogénesis de esta enfermedad están muy lejos de ser comprendidas.

Aunque no se conoce cuál es el nivel de presión intraocular que llevará, en cada caso, a la lesión glaucomatosa, ni está totalmente entendido el mecanismo por el cual se produce la atrofia del nervio óptico, si se sabe que el daño a la cabeza del nervio óptico se asocia con la pérdida progresiva del campo visual y que es esto, si se deja sin tratamiento, lo que puede llevar a la ceguera total e irreversible (Shields, 1987)

Como no todos los ojos responden de forma parecida a un nivel determinado de presión intraocular, una P.I.O. "normal" no se puede representar por una medida específica y es por ello que desde el conocimiento de la distribución de la P.I.O. en la población general y en poblaciones de individuos con daño glaucomatoso se acepta internacionalmente que el límite superior de la P.I.O. normal obtenida estadísticamente es de aproximadamente 21 mm Hg. (Armaly, 1985)

Los estudios longitudinales han demostrado que elevaciones de la P.I.O. por encima de 21 mm Hg aumentan el

riesgo de daño en la papila o en el campo visual (Armaly, 1965; Hollows y Graham, 1966; Sommer, 1989; Anderson, 1989)

Sin embargo, algunos individuos con P.I.O. por debajo de 21 mm Hg también pueden desarrollar alteraciones glaucomatosas (glaucoma de baja tensión o tensión normal). Y el término hipotensión ocular describe individuos con presión ocular elevada, ángulo abierto, papilas normales y campos visuales completos.

Mientras que solamente una minoría de los hipertensos oculares desarrollan defectos visuales clínicamente significativos, una gran proporción de individuos con campos visuales glaucomatosos tienen niveles normales de P.I.O.. La incidencia de glaucoma entre los hipertensos oculares seguidos durante varios años fué extremadamente baja (0,4-1% por año) (Armaly, 1969; Graham, 1972; Kitazawa et al., 1977; Linnér, 1976; Perkins, 1973) y además la gran mayoría de los hipertensos oculares no mostrarón cambios patológicos. En una recopilación de estudios que comprende alrededor de 18.000 adultos observados durante una media de 6,25 años, se advirtió que anualmente aparecía aproximadamente un nuevo defecto glaucomatoso por cada 1000 ojos (Laske, 1983). De aquellos que encontraron que desarrollarón glaucoma, el 52% tenían screening iniciales

con valores de P.I.O. por debajo de 21 mm Hg y el 73% tenían presiones por debajo de 23 mm Hg en el screening.

2.4. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y GLAUCOMA

Las investigaciones psicofísicas realizadas en las últimas décadas por diversos autores, han revelado anomalías en la sensibilidad al contraste en asociación con el glaucoma e hipertensión ocular (Arden y Jacobson, 1978; Hitchings et al., 1981; Stamper et al., 1982; Stamper, 1984; Moskowitz et al., 1985; Ross et al., 1984; Ross et al., 1985; Motolko y Phelps, 1984; Regan y Neima, 1984; Bodis-Wollner, 1989).

Se ha demostrado que las capas internas de la retina y del nervio óptico son las estructuras oculares más susceptibles al daño inducido por la elevación de la presión intraocular. La retina sufre atrofia de la capa de fibras nerviosas y de la capa de células ganglionares. Asimismo en el nervio óptico desaparecen las fibras nerviosas y las células de la glía (Phelps, 1986).

Quigley y Hendrickson, (1984) informaron que para la época en que se diagnostica el glaucoma ya existen cambios neuropatológicos irreversibles en la retina y en la vía retrobulbar que engloban no solo el nervio óptico, sino también al núcleo geniculado lateral.

Por otro lado, basándose en experiencias psicofísicas Atkins et al. (1979); Atkins et al. (1980); Atkins et al.

(1983) sugirieron que el glaucoma lesionaba selectivamente un subtipo particular de célula ganglionar retiniana. Estas sugerencias recibieron apoyo a partir de los estudios electrofisiológicos de potenciales evocados retinianos (Trick, 1985) y corticales (Towle et al., 1983) en pacientes glaucomatosos, así como del análisis histopatológico de la fibras del nervio óptico (Quigley et al., 1987) y sus proyecciones geniculadas (Pickford et al., 1987) en el modelo de glaucoma del primate.

Las evidencias anatómicas de la lesión neuronal que precede al glaucoma proceden fundamentalmente de los estudios histológicos de Quigley et al. que revelaron, en un estudio de 21 pacientes, que se pueden atrofiar del 40 al 50% de los axones de las células ganglionares o fibras del nervio óptico, antes de que surjan escotomas del campo visual clínicamente detectables mediante perimetría cinética de Goldmann (Quigley et al., 1982; Quigley y Adickes, 1982). Estos autores han informado que el daño de las fibras nerviosas en el glaucoma se manifiesta de dos formas: 1) focalmente en los polos superior e inferior del nervio óptico, y 2) difusamente a través de toda la población de fibras nerviosas. Estas conclusiones fueron confirmadas por los estudios de Airaksinen et al., 1984, que observaron en la capa de fibras del nervio óptico defectos difusos, focales o de ambas clases en fotografías

de fondos glaucomatosos. Por lo tanto, el glaucoma puede producir daños morfológicos a la capa de fibras del nervio óptico focalmente, difusamente o en combinación.

Estos hechos observados en histología, se corresponden con un deterioro de la función visual debido a las regiones de la retina donde se han dañado los axones.

Clinicamente el daño glaucomatoso focal equivale funcionalmente al clásico defecto perimétrico de Bjerrum o escotoma de arco correspondiente a un determinado haz de fibras. Tales cambios de campo visual son considerados típicos, si no diagnósticos, de glaucoma (Duke-Elder, 1969)

Por otro lado, la pérdida generalizada de las fibras nerviosas parece correlacionarse funcionalmente con una contracción concentrica del campo visual cinético, y una depresión generalizada del umbral luminoso diferencial en la perimetría estática como ha sido confirmado por el estudio de Flammer y Drance (1984).

Además debido a la pérdida difusa de fibras nerviosas sería de esperar que estuviese afectada la función macular. La confirmación de la involucreción de la mácula en el proceso glaucomatoso procede de los estudios psicofísicos de funciones visuales centrales, en los que se han observado defectos adquiridos de la visión del color en el

mecanismo azul-amarillo (Drance, 1981; Sample et al., 1988), reducción de la sensibilidad al contraste (Atkin et al., 1979), reducción de la sensibilidad luminosa macular y en la adaptación a la oscuridad (Zwege y Drance, 1967) y defectos en las respuestas pupilares aferentes (Kohn et al., 1979). Asimismo hay extensas evidencias psicofísicas de que las lesiones en las fibras del nervio óptico están presentes en los sospechosos de glaucoma antes de que existan pérdidas de campo visual convencionales o signos de progresivo acopamiento del disco óptico.

Posteriormente Quigley et al., (1988) y Quigley et al., (1987) en estudios morfométricos de ojos glaucomatosos, informaron de la pérdida, tanto de las células ganglionares grandes (M) como de las pequeñas (P). Sin embargo, han demostrado histopatológicamente, que en condiciones de presión intraocular elevada se pierden preferencialmente las fibras magno del nervio óptico que tienen mayor diámetro en los ojos de pacientes con glaucoma de ángulo abierto y en primates con glaucoma inducido experimentalmente. Además, algunos ojos con P.I.O. elevada demuestran lesiones histopatológicas en el nervio óptico a pesar de tener campos visuales normales.

Como ya se ha comentado, las distintas funciones visuales están relacionadas con la fisiología del

procesamiento paralelo en la vía retinogeniculada del primate. Los estudios celulares individualizados realizados en monos, han confirmado la segregación de las neuronas geniculadas magnocelulares y parvocelulares en diferentes capas del núcleo geniculado lateral, que a su vez se correlacionan con diferencias funcionales. En particular las células en la capa magnocelular del núcleo geniculado lateral, que reciben señales de las células ganglionares (M) a través del nervio óptico, son más sensibles al contraste luminoso (Kaplan y Shapley, 1982). Por lo tanto un incremento en la disfunción de las grandes fibras del nervio óptico conduciría a una reducción en la sensibilidad al contraste luminoso.

Posteriormente, se ha verificado que existe una correlación positiva significativa entre el porcentaje de células ganglionares perdidas y la disminución local en la sensibilidad luminosa retiniana, medida mediante perimetría automática estática (Quigley et al., 1989). Sin embargo, la degeneración de las células ganglionares magnoretineanas (M) puede ocurrir en sujetos que mantienen durante mucho tiempo una agudeza visual normal, y antes de que aparezcan cambios perimétricos significativos o alteraciones de la papila. Esto es consistente con que la agudeza visual central o la capacidad del sistema visual de discriminar detalles espaciales finos, que es mediada principalmente

por las neuronas parvocelulares (P), esté preservada hasta muy tarde en los ojos glaucomatosos.

Por lo tanto, una disminución de la sensibilidad al contraste para detectar frecuencias espaciales bajas (objetos grandes) puede demostrar una anormalidad en la vía magnocelular (Rodis-Wollner, 1989). Algunos estudios psicofísicos han encontrado que la sensibilidad al contraste a patrones de frecuencia espacial baja, es decir con una frecuencia próxima, pero más baja que el máximo de la C.S.F., está disminuida en pacientes con glaucoma (Atkin et al., 1979).

Además, se ha informado que la pérdida de sensibilidad al contraste es una señal, razonablemente precoz en el glaucoma, para detectar cambios patológicos que están presentes relativamente temprano en la enfermedad, incluso antes de que se desarrollen los defectos de campo visual definitivos (Rodis-Wollner, 1989; Stamper, 1989).

Sin embargo, en las distintas investigaciones realizadas, se han referido diferentes opiniones sobre la utilidad del test de sensibilidad al contraste en la hipertensión ocular y el glaucoma. Aunque algunos estudios han encontrado aceptable el test de sensibilidad al contraste espacial (Arden y Jacobson, 1978; Ross et al.,

1984; Ross, 1985), otros estudios no lo han considerado útil (Lundh, 1985b). No obstante, la sensibilidad al contraste y especialmente la sensibilidad al contraste temporal periférica parecen más prometedoras en el screening de pacientes con glaucoma e hipertensos (Lundh, 1985a; Korth et al., 1989).

Asimismo, Regan y Neima (1984) usando unos test de tipo Snellen de bajo contraste encontraron una pérdida de sensibilidad al contraste tanto en el glaucoma como en la hipertensión ocular. Estos autores sugirieron que, si la función retiniana estuviera moderadamente comprometida por la elevación de la presión intraocular (por ejemplo, por una reducción localizada del riego sanguíneo), los grandes árboles dendríticos de las células ganglionares magno con grandes campos receptores, serían los más vulnerables a la hipertensión ocular y al glaucoma.

En este sentido, los hallazgos psicofísicos de Merigan y Eskin (1986) han confirmado que este canal magnocelular tiene mejor sensibilidad al contraste para redes de frecuencia espacial baja moduladas temporalmente.

Por otra parte, Tytla y Buncic (1988) informaron de un deterioro para frecuencias espaciales menores de 3 ciclos/grado en el 68% de pacientes con presión

intracraneal elevada y papiledema, sugiriendo que el incremento de presión en el nervio óptico puede afectar aparentemente los grandes axones, que son más sensibles a los estímulos de frecuencia espacial baja.

III- OBJETIVOS

Basados en todas las consideraciones expuestas en el capítulo anterior a propósito de la revisión bibliográfica nos planteamos los siguientes objetivos.

3.1. OBJETIVO GENERAL

Explorar el estado visual en jóvenes universitarios analizando especialmente la sensibilidad al contraste, la presión intraocular y su posible interrelación, así como la supuesta influencia sobre ellas de distintas variables epidemiológicas.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1- Describir el estado visual mediante la exploración de la agudeza visual, estado refractivo, sensibilidad al contraste y presión intraocular en estudiantes de la Escuela Universitaria de Optica de la Universidad Complutense de Madrid, (así como sus hábitos de interés sanitario)

2- Estudiar la sensibilidad al contraste en las distintas frecuencias espaciales del test VCTS de Vistech, investigando además el posible efecto que sobre ella tienen la edad, el sexo, los antecedentes familiares de glaucoma, la agudeza visual, el estado refractivo, el tipo de

corrección óptica, el hábito de fumar y el consumo de cafeína.

3- Analizar si existe significación en la influencia de las variables epidemiológicas de persona, de los parámetros visuales y de los hábitos de interés sanitario sobre la presión intraocular así como la distribución de estas variables en relación con los niveles de normalidad de presión intraocular.

4- Valorar si existe asociación entre sensibilidad al contraste y presión intraocular y buscar posibles diferencias en la sensibilidad al contraste presentada por los sujetos según sus niveles de presión intraocular

5- Obtener un patrón de normalidad de la sensibilidad al contraste para la población joven a partir de la de nuestro estudio en función de las características generales de dicha población.

IV- PERSONAS, MATERIAL Y MÉTODOS

A fin de alcanzar nuestros objetivos hemos diseñado el correspondiente estudio, cuya sistemática presentamos a continuación.

4.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población objeto de nuestro estudio se ha obtenido al azar del censo de alumnos matriculados en la Escuela Universitaria de Optica de la Universidad Complutense de Madrid, durante el año académico 1991/1992.

El numero de individuos inicialmente calculado mediante la sistemática muestral fué de 450 personas. No obstante se han incluido en el estudio 528 personas (1056 ojos) al aplicar criterios de exclusión sobre la existencia de patologia ocular en la población de estudio y pérdidas durante la evaluación, dicho número está dentro del rango de la predeterminación muestral exigida para las correspondientes desviaciones estándar que se presentaron en las distintas variables investigadas con relación a los valores: de presión intraocular, de sensibilidad al contraste y de la combinación de ambas, para un nivel de confianza del 95% y un error admisible para cada una de las dos variables.

Se han investigado exclusivamente alumnos de la E.U.O. considerando que no debe haber sesgo de ninguna clase que impida extrapolar los resultados de ellos obtenidos al resto de la población adulta joven.

La medición se realizó entre 10 Y 13 horas de la mañana, periodo en el que el rendimiento fisiológico general no está sometido a oscilaciones (Bünning, 1964).

Junto a los parámetro de nuestro máximo interés antes citado hemos recogido entre las variables de persona con posible influencia en ellos los correspondientes datos sobre sexo, edad y existencia de antecedentes familiares de Glaucoma. Asimismo, en relación con el estado visual, se ha tenido en cuenta la agudeza visual, el estado refractivo y el tipo de corrección habitual.

Por último se ha encuestado sobre los hábitos de interés sanitario, también con posible influencia en la P.I.O. y en la sensibilidad al contraste como son el hábito de fumar y el consumo de bebidas con cafeína. Todos estos datos se han recogido en las siguientes fichas elaboradas al efecto para cada una de las personas.

FICHA 1

VARIABLES DE PERSONA Y HÁBITOS DE INTERÉS SANITARIO

APELLIDOS: _____

NOMBRE: _____

DIRECCIÓN: _____

TELÉFONO: _____

EDAD: _____

SEXO: _____

FECHA DEL EXAMEN: _____

ANTECEDENTES FAMILIARES DE GLAUCOMA:

SI

NO

¿FUMA?:

nada

menos de 10 cigarrillos;

entre 10 y 20 cigarrillos

más de 20 cigarrillos

¿CONSUME MÁS DE TRES BEBIDAS CON CAFEINA AL DÍA (CAFÉ, COCA-COLA)?

SI

NO

FICHA 2

AGUDEZA VISUAL Y ESTADO REFRACTIVO

APELLIDOS:

NOMBRE:

AGUDEZA VISUAL:

AGUDEZA VISUAL	A.V. MONOCULAR	A.V. BINOCULAR
O. D.		
O. I.		

REFRACCIÓN:

AUTORREFRACTOMETRO	ESFERA	CILINDRO	EJE
O. D.			
O. I.			

FRONTOFOCÓMETRO	ESFERA	CILINDRO	EJE
O. D.			
O. I.			

TIPO DE CORRECCIÓN ÓPTICA:

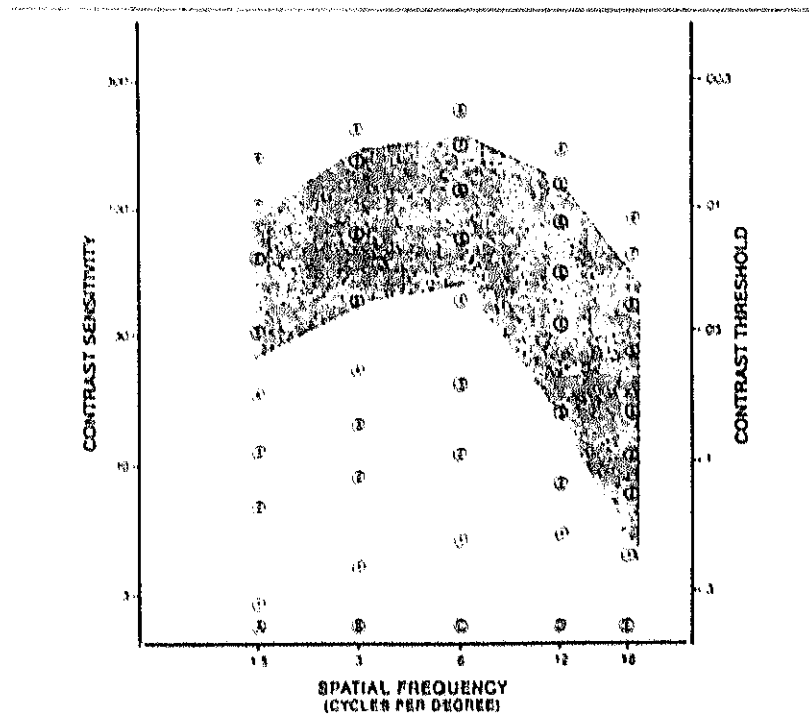
nada

gafas

lentes de contacto: duras; permeables; blandas.

FICHA 3

SENSIBILIDAD AL CONTRASTE



FICHA 4

TONOMETRÍA

APELLIDOS: _____

NOMBRE: _____

P.I.O	1ª MEDIDA	2ª MEDIDA	3ª MEDIDA	4ª MEDIDA	MEDIA
O. D.					
O. I.					

4.2. MATERIAL Y MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

4.2.1. MÉTODO DE DIAGNÓSTICO PARA DETERMINAR LA AGUDEZA VISUAL

La agudeza visual determina el límite espacial de discriminación visual, pero desde un punto de vista clínico se refiere a la propiedad de reconocer formas, viene determinada por la imagen retiniana más pequeña cuya forma pueda apreciarse, y se mide por el objeto más pequeño que pueda verse de lejos.

Para la determinación del valor de la agudeza visual se utilizan optotipos, que son los objetos o figuras destinados a éste fin.

Nosotros emplearemos los optotipos de prueba de Snellen que son los más difundidos universalmente. Los optotipos consisten en una serie de letras de tamaño decreciente. Cada letra tiene un tamaño tal que abarca un ángulo visual de 5 minutos para una distancia dada y cada trazo de la letra subtiende un ángulo visual de un minuto. La primera línea de optotipos se construye de modo que este ángulo se forme a una distancia de 60 metros, la segunda a 36, la tercera a 24, la cuarta a 18, la quinta a 12, la sexta 9, la séptima a 6, y además existen líneas adicionales que forman el mismo ángulo a 5 y 4 metros.

La visión de lejos se examina manteniendo la separación tradicional de 6 metros entre el observador y los optotipos. Con una agudeza visual normal, a esta distancia no hay dificultad para leer las letras, excepto para los optotipos que deben ser leídos a la distancia de 6 metros que son apenas perceptibles.

Los resultados de esta prueba se pueden expresar de diferentes formas. En clínica, la notación más utilizada es la fracción de Snellen D/d en la que el numerador (D) indica la distancia entre el observador y el optotipo y el denominador la línea que ve a esa distancia. Dividiendo la fracción de Snellen la agudeza visual se registra de forma decimal, método empleado por nosotros.

La agudeza visual se mide a la distancia de lejos para cada ojo con su corrección habitual, mientras el sujeto mira los optotipos proyectados a la distancia de 6 m.

La presentación de los optotipos se realiza con un proyector modelo Takagi.

Para valorar la agudeza visual se pide al sujeto que lea cada una de las filas hasta donde pueda distinguir las letras más pequeñas. Se procede así primero con el ojo derecho, después con el ojo izquierdo y a continuación con ambos ojos.

El criterio seguido para anotar la agudeza visual correspondiente a una determinada fila ha sido responder correctamente a 3/4 de las letras.

El motivo de medir la agudeza visual es doble, por un lado estudiar la influencia de este factor sobre las variables objeto de nuestra investigación en la población universitaria, y por otro, conocido el efecto del desenfoque o escasa agudeza visual sobre la sensibilidad al contraste, claramente descrito en la literatura como ya se ha comentado en las consideraciones actuales, eliminar del análisis de los factores de influencia, aquellos sujetos cuya agudeza visual de lejos no sea igual o superior a uno. Así conseguimos que los grupos estudiados sean homogéneos, de forma que podamos asegurar que el factor investigado en cada caso es el que provoca diferencias en la media.

4.2.2. MÉTODO DE DIAGNÓSTICO PARA DETERMINAR EL ESTADO REFRACTIVO

Para conocer cuál es el estado refractivo de la población de estudio se ha de tener en cuenta el valor de agudeza visual, ya que su disminución es un síntoma común en todas las ametropías. Cuando estas ametropías son corregidas se produce un rápido aumento de la agudeza visual hasta alcanzar valores normales.

Aquellas personas cuya agudeza visual es, sin corrección óptica, igual o superior a uno, se consideran emétopes, es decir capaces de formar una imagen nítida en la retina. En los casos en los que el sujeto llevando su compensación óptica habitual alcance igualmente esos valores de agudeza visual, se ha considerado su estado refractivo en función del valor de su corrección, puesto que es la que le proporciona una visión nítida.

Para determinar la corrección óptica se ha procedido a la medida de las lentes compensadoras con el frontofocómetro, un aparato de uso rutinario en óptica oftálmica.

El instrumento óptico utilizado para obtener el valor y signo de la lente ha sido un frontofocómetro Nikon de proyección mod. PL-2 / PL-2WR.

Para realizar la medida se coloca, en primer lugar, la lente a medir entre el colimador y el sistema telescópico. Después se reenfoca el sistema óptico generado regulando las distancias entre las lentes por medio de un dispositivo graduado. Posteriormente la graduación se anota.

Cuando con la corrección óptica habitual no se alcancen los valores óptimos de agudeza visual, se procederá a medir con un autorrefractómetro el valor de la refracción para cada ojo. La utilización de estos instrumentos supone un gran avance, en especial para la determinación del estado refractivo en grupos numerosos de personas, centros hospitalarios, colegios etc.

El modelo de autorrefractómetro que utilizaremos es el QR-007 de la marca Shin-Nippon; con este instrumento obtenemos medidas del estado de refracción con el mínimo error debido a que cuenta con un mecanismo que anula la posible acomodación que naturalmente se provoca al obligar al paciente a mirar fijamente a un objeto, y además la medida se realiza en escasos segundos, condiciones ambas imprescindibles para pruebas de Screening

El instrumento consta de una sección de medida, un ordenador y una impresora que presenta directamente los resultados obtenidos.

Para proceder a la medida el instrumento se ajusta para cada paciente mediante un sistema auxiliar. En la pantalla se proyecta una mira circular que debe ser centrada respecto a la córnea del ojo a estudiar y enfocada hasta conseguir un test nítido. A continuación se busca la orientación de los meridianos principales, que producen un pico de medida provocando la ejecución de cinco medidas consecutivas cada una de las cuales se realiza en 0,07 segundos. De los cinco resultados que aporta cada prueba el instrumento nos indica el resultado más fiable con un asterisco; así se registra la graduación esferocilíndrica adecuada.

Los valores obtenidos de la refracción se han agrupado en función del número de dioptrías y de su signo. En los casos de astigmatismo se ha utilizado el equivalente esférico que es la suma del componente esférico de la refracción más la mitad del componente cilíndrico. Esto nos permite reducir a una sola variable los datos de la refracción.

4.2.3. MÉTODO DE DIAGNÓSTICO PARA DETERMINAR LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

En los patrones de redes sinusoidales, la variación de la luminancia a través de las franjas alternativamente claras y oscuras sigue un perfil de luminancia sinusoidal. En este caso el contraste o modulación puede ser definido

por la siguiente ecuación:
$$M = \frac{I_{\text{máx}} - I_{\text{mín}}}{I_{\text{máx}} + I_{\text{mín}}}$$
 propuesta

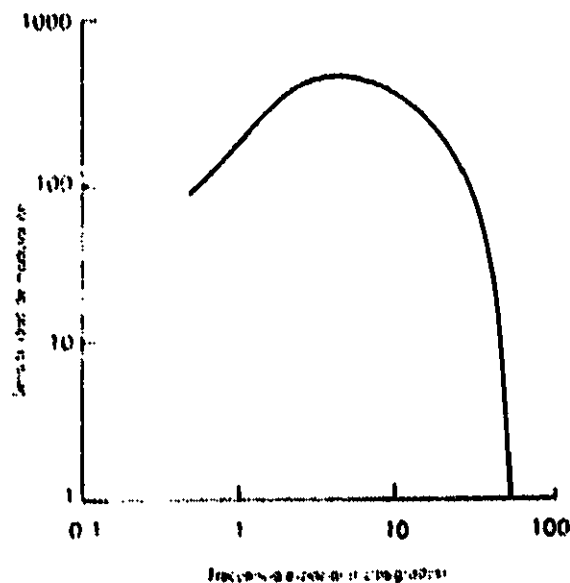
originalmente por Michelson (1891) para la medida de la visibilidad de franjas de interferencia.

El contraste se puede modificar manteniendo la luminancia media constante y variando la diferencia entre los máximos ($L_{\text{máx}}$) y los mínimos ($L_{\text{mín}}$) del perfil de luminancia sinusoidal. De esta forma, el contraste puede variar desde un mínimo de cero hasta un máximo de uno, y no tiene unidades. Cuando $L_{\text{mín}}$ es igual a cero, no hay luz en las franjas oscuras y la ecuación es simplemente $C = L_{\text{máx}}/L_{\text{mín}} = 1$. Cuando $L_{\text{máx}} = L_{\text{mín}}$, el numerador se hace cero, así como el contraste, y el resultado es un campo uniforme de luz.

En estas redes de franjas alternativamente claras y oscuras, cuyo contraste y frecuencia espacial se puede variar se mide el mínimo contraste detectable.

La frecuencia espacial, como se comenta en el capítulo de consideraciones actuales, se refiere al número de periodos de la red o ciclos completos de alternancias luminosas por cada grado de ángulo visual.

Los resultados obtenidos se representan en coordenadas logarítmicas en función de la frecuencia espacial, obteniéndose la curva de la función de sensibilidad al contraste (CSF) del sistema visual. En la figura siguiente se muestra una curva de la sensibilidad al contraste para fijación central y luminancia fotópica.



Para un observador normal, ésta función (CSF) tiene un máximo de sensibilidad (o mínimo de contraste umbral) a una frecuencia espacial intermedia entre 5 y 10 ciclos/grado y disminuye tanto para las frecuencias espaciales altas como para las bajas.

Las medidas de la sensibilidad al contraste se pueden hacer en la banda de frecuencias espaciales que comprende desde 0,5 ciclos/grado (donde cada borde sinusoidal cubre 2 grados de ángulo visual) hasta 20 o 30 ciclos/grado (donde cubre 3 o 2 minutos de arco). Por otra parte, los estímulos standard tienden a estar restringidos a los 10° centrales del campo visual (Bodis-Wollner, 1989).

Los pioneros de la investigación sobre la M.T.F. visual (C.S.F.) fueron Selwyn (1948) y Schade (1956). Selwyn, un científico del laboratorio de investigación de Kodak en Inglaterra, utilizó fotografías de redes de ondas sinusoidales para buscar cuál era el contraste que necesitaba un observador para ver las franjas de la red cuando las barras subtendían diferentes ángulos al ojo. En este sentido Selwyn proporcionó la primera medida de la forma en que variaba el umbral de contraste para redes de ondas sinusoidales en función de la frecuencia espacial.

Una contribución más significativa fue la de Otto Schade (1956). Schade hizo sus propias medidas del umbral de contraste para redes de onda sinusoidal de diferente frecuencia espacial a diferentes niveles de iluminación. Las redes las generaba modulándolas electrónicamente en una pantalla de un tubo de rayos catódicos.

Fué a raíz de estos resultados que Campbell y Robson decidieron a principios de los años 60 hacer sus propias medidas (Robson y Campbell, 1963; Campbell y Robson, 1964, 1968). Utilizaron un dispositivo de tubos de rayos catódicos parecido al de Schade, y sus observaciones les condujeron a sugerir que la medida de la función de sensibilidad al contraste era de hecho la envolvente de la función de sensibilidad al contraste de un número de mecanismos detectores paralelos independientes, coexistiendo todos en el sistema visual.

Estos trabajos, así como otros estudios que ayudaron a definir la importancia relativa de los factores ópticos y neuronales en la determinación de la visibilidad de redes de onda sinusoidales (particularmente el trabajo de Campbell y Green, 1965; Enroth-Cugell y Robson, 1966; Blakemore y Campbell 1969), captaron la atención e imaginación de muchos científicos, incluyendo algunos con interés clínico, y ello condujo pronto a estudiar las alteraciones en la sensibilidad al contraste en varias enfermedades, empezando Bodis-Wollner (1972) por el examen de pacientes con lesiones cerebrales.

El estudio de Bodis-Wollner y la gran mayoría de los numerosos estudios clínicos que siguieron sobre las modificaciones de la sensibilidad al contraste usaron

distintos tipos de dispositivos de tubos de rayos catódicos para obtener las redes de ondas sinusoidales a diferentes frecuencias espaciales.

Estos estudios sirvieron para demostrar la utilidad de la medida de la sensibilidad al contraste, pero también sirvieron para ver claramente que el método de laboratorio no era realmente útil para el uso clínico.

Actualmente en el laboratorio, las redes de ondas sinusoidales se generan mediante técnicas electrónicas normalmente en una pantalla de osciloscopio o monitor de video y la medida del umbral de contraste se controla por computadora. Estos dispositivos, de diseño complicado, son caros, necesitan una calibración regular y son relativamente difíciles de usar. Todo ello hace difícil, su empleo de forma rutinaria en la práctica clínica.

Una técnica alternativa menos cara es producir un patrón de red de ondas sinusoidales en una pantalla de video de alta-resolución, refiriendo el sujeto cuando aparece o desaparece el patrón de franjas. Tiene la ventaja de que la imagen es mucho mayor y la luminancia es alta, factores que son necesarios para las redes de frecuencia espacial baja y en el uso clínico. La desventaja son unas

pequeñas fluctuaciones residuales no demasiado importantes en los trabajos clínicos.

Aunque los sistemas de TV se usan en clínica, al no ser portátiles se han desarrollado otras técnicas para transferir los patrones de redes al papel. Actualmente las redes impresas son la técnica más accesible clínicamente.

Arden (1978) fué quien introdujo el primer método clínico. Las series originales de Arden y Jacobson (1978) de sensibilidad al contraste estática constan de 6 láminas impresas (placas de Arden), cada una conteniendo una red vertical de una sóla frecuencia espacial entre 0,2 y 6,4 ciclos/grado cuyo contraste está graduado desde un valor mínimo en la parte inferior de la lámina hasta un valor máximo en la parte superior. La medida del umbral de contraste se hace mostrando al paciente una de las láminas completamente cubierta con una segunda lámina uniformemente gris que se desplaza lentamente descubriendo las regiones de red con mayores niveles de contraste. Cuando el paciente detecta las franjas de la red, se anota la posición del borde de la lámina oscura y esa posición proporciona una medida del umbral de contraste para la frecuencia espacial de esa lámina en particular. Este proceso se repite para cada una de las seis cartas.

Mientras que este método es relativamente fácil, barato, rápido y portátil, como procedimiento psicofísico es insatisfactorio para determinar el umbral, y tampoco proporciona medidas suficientemente veraces ni mide la sensibilidad a frecuencias espaciales altas. Los resultados pueden estar influenciados por la velocidad a la que el examinador descubre las láminas y por los tiempos de reacción variables de unos individuos a otros. Además, los resultados son difíciles de comparar con otros métodos donde se registra la sensibilidad al contraste.

Posteriormente Ginsburg (1984) ha desarrollado un nuevo sistema impreso para medir la sensibilidad al contraste a seis frecuencias espaciales diferentes. En la lámina de Ginsburg, posteriormente publicada y modificada como la lámina de "Vistech", que será la que utilizemos en esta investigación, los patrones de red con variación continua de contraste y frecuencia espacial de Arden, han sido reemplazados con una matriz de discos de redes de ondas sinusoidales. Cada disco individual tiene un contraste y una frecuencia espacial determinada, de esta forma se introdujo el uso de un procedimiento de elección forzada de múltiples alternativas para encontrar el umbral, lo cual ha aumentado considerablemente la discriminación del test y ha mejorado los resultados clínicos. Esta matriz tiene 6 filas

de discos de contraste decreciente con las siguientes frecuencias espaciales: 1, 2, 4, 8, 16 y 24 ciclos/grado.

Debido a que todo el procedimiento de medida lleva alrededor de 6 minutos para cada ojo y esto en clínica se considera mucho tiempo, se sugirió que se redujera el número de umbrales que había que determinar.

Teniendo esto en cuenta, se han hecho varias proposiciones en los últimos años. Como por ejemplo, en lugar de usar redes, tomar dos medidas solamente, una medida de la agudeza visual standar usando optotipos de alto contraste seguido de otra medida de diferente contraste y frecuencia espacial. No obstante, Regan y Neima (1983) han propuesto que esta segunda medida debería ser también de agudeza pero utilizando letras de bajo contraste, mientras que otros han sugerido que debería ser un test objeto de gran tamaño, es decir de frecuencia espacial baja.

Estas propuestas dieron lugar a la aparición de libros o láminas con test de varios contrastes: Regan's low contrast letter charts, Cambridge Low-contrast gratings; Melbourne Edge test; más rápidos y fáciles de manejar. Pero sin embargo, ninguno de ellos usan redes de ondas sinusoidales, aunque permiten obtener un valor de la

sensibilidad al contraste y no una curva completa de la función, como la que se obtiene con el test por nosotros utilizado.

4.2.3.1. PANEL IMPRESO VCTS 6500 (VISTECH CONSULTANTS INC)

Visto todo lo anterior y considerando que nuestra exploración está dentro de las sistemática del screening hemos elegido la prueba VCTS (vision contrast test system) de Vistech que ha sido desarrollada por Ginsburg (1984) para obtener la función de sensibilidad al contraste, la cual también presenta capacidad para las pruebas de rutina clínica.

Actualmente es uno de los test más utilizados para la medida de sensibilidad al contraste. El 79% de los oftalmólogos de Canada que usan tests de sensibilidad al contraste para evaluar la función visual están usando este sistema (Koch y Liu, 1990)

Tweten et al. (1990) compararon la sensibilidad y fiabilidad de tres métodos clínicos de medida de la sensibilidad al contraste espacial, aquellos que usan sistemas de video generados por ordenador con los que usan redes reproducidas fotográficamente como es el caso del sistema de test de contraste de Vistech (VCTS). Para ello examinaron, monocularmente, sujetos normales, demostrando

la precisión del test al igual que lo hicieron Kennedy y Dunlap (1990).

Aunque Ginsburg también hizo este tipo de comparación mostrando una concordancia entre los dos tipos de test (Ginsburg, 1984b), sin embargo, un inconveniente de su trabajo fue que no utilizó individuos convenientemente refraccionados y por lo tanto con buena agudeza visual.

El estudio de Tweten et al. citado anteriormente nos ha parecido el más indicado para comprobar la precisión del test VCTS por la similitud de sus características con el nuestro. La población de estudio eran estudiantes de la Universidad de Medicina de Tulane y miembros del personal cuya edad media era de 24,6 años. Ninguno tenía enfermedades conocidas y todos fueron refraccionados para agudeza Snellen unidad o mejor, y además el examen se hizo monocularmente.

Los autores concluyen que el test VCTS es rápido de realizar, y da resultados comparables a aquellos obtenidos usando sistemas que generan las redes mediante el ordenador, aunque los valores de sensibilidad a las frecuencias espaciales más bajas no se pueden comparar ya que el VCTS de Vistech no examina estas frecuencias tan

bajas a no ser reduciendo la distancia, lo que resulta en un gran ángulo visual.

En los demás estudios consultados referentes al test utilizado por nosotros, la población estudiada abarcaba todas las edades, en algunos casos se incluían también en el exámen personas con enfermedades oculares, o la medida se hacía binocularmente, o no se exigía una corrección óptima para la distancia del test. Todos estos factores, como ya se comentó en el capítulo de consideraciones actuales, influyen modificando la sensibilidad al contraste, y por eso no nos han parecido adecuados para comprobar su precisión.

Elliot y Whitaker (1992) han realizado un estudio de investigación práctico sobre los test clínicos de sensibilidad al contraste más disponibles en el Reino Unido como son, el sistema Vistech VCTS, las redes de bajo contraste de Cambridge, y el test de Pelli-Robson, entre Octubre de 1989 y Diciembre de 1990

El test de redes de bajo contraste de Cambridge que utiliza redes de ondas cuadradas, fué el más difícil de usar, y el más desagradable para el paciente. El test de Pelli-Robson se consideró igual que el VCTS, pero como en lugar de utilizar redes utiliza letras de distintos

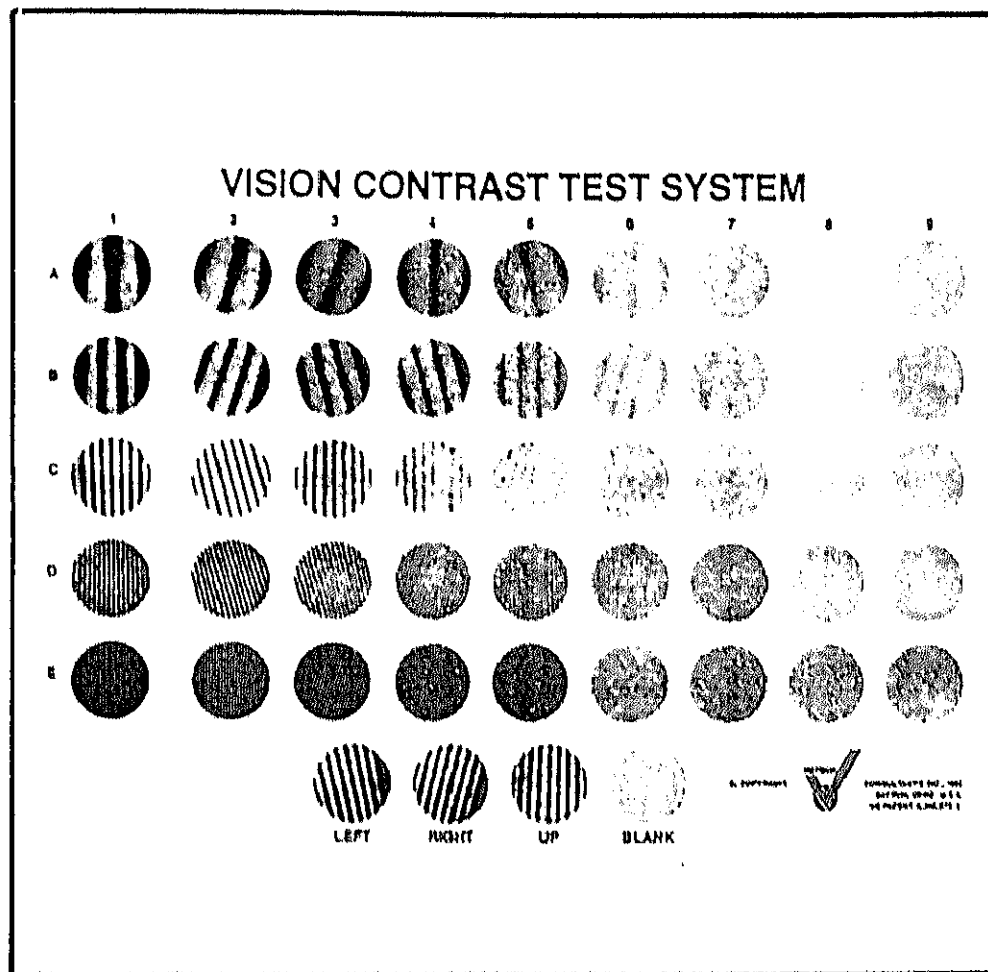
contrastes la comprensión por parte del paciente resultó mayor.

La mayor ventaja que se informó para el test de contraste de Vistech (VCTS) fué que los resultados podían ser registrados graficamente en una cuartilla con el área de zona de normalidad sombreada, y por lo tanto se podía enseñar y explicar al paciente. La mayor desventaja se encontró en el mayor coste frente a los otros test.

Por todas estas consideraciones, el test VCTS nos parece idóneo para nuestra investigación

En definitiva, el test consiste en un panel que contiene una serie de placas o discos de fotografías de redes de onda sinusoidal creadas por ordenador, con diferentes frecuencias espaciales y contraste.

Los discos o placas circulares están dispuestas en cinco filas y nueve columnas como se puede ver en la siguiente figura. Las 5 filas de redes de ondas sinusoidales denominadas A - - E corresponden a diferentes valores de frecuencia espacial; 1.5, 3, 6, 12, y 18 ciclos/grado respectivamente. Cada fila de una determinada frecuencia espacial contiene 8 discos impresos, cada uno con un patron de red de onda sinusoidal



El contraste de los discos en cada fila va variando desde un contraste relativamente alto en la izquierda a un contraste cero en la novena columna a la derecha.

El rango de contraste es diferente para cada frecuencia y el tamaño de los escalones es irregular. El tamaño medio de escalón es de 0,23 unidades logarítmicas con un escalón mínimo y máximo de 0,11 y 0,37 unidades logarítmicas respectivamente.

En el disco o placa, la red puede estar inclinada en tres orientaciones (-15° , 0° , $+15^\circ$), es decir verticales o bien inclinadas 15° a la derecha o 15° a la izquierda. Esta orientación de los test para cada fila se ha hecho al azar para controlar la exactitud en la respuesta.

La luminancia del panel debe mantenerse entre 60 y 240 cd/m^2 que se comprueba con el fotómetro que proporciona el sistema para asegurar que los valores concuerdan con el nivel recomendado por el fabricante. Para mantener unas condiciones de luminancia uniformes en todas las medidas, el panel se ha iluminado con dos lamparas halógenas regulables, hasta alcanzar el nivel adecuado en toda la superficie del test.

Las dimensiones del panel, que se coloca colgado en la pared, son de 93 cm por 68 cm. y cada disco tiene un diámetro de 7,6 cm. subtendiendo $1,43^\circ$ al ojo.

La medida de la sensibilidad al contraste se realiza monocularmente con la corrección óptica que utiliza el sujeto habitualmente, situado a una distancia de tres metros y manteniendo el otro ojo ocluido. Al finalizar se procede de igual manera con el otro ojo.

La sensibilidad al contraste para cada frecuencia espacial se determina por el disco de menor contraste cuya orientación se identifica correctamente para cada fila.

Para ello, el sujeto debe mirar a lo largo de cada fila, comenzando por la fila superior, que es la de menor frecuencia espacial (fila A). Se le pide que refiera sucesivamente la orientación de las franjas de los discos empezando desde la izquierda hacia la derecha, o también respondiendo blanco si no se ve nada. Cuando los sujetos dudan sobre cual es la orientación del estímulo, se les indica que informen de su primera impresión solo si están seguros que está presente una red. El disco más lejano cuya orientación se identifica correctamente proporciona la sensibilidad al contraste para esa frecuencia espacial.

En el impreso que se suministra con el sistema del test (ficha n° 3), donde están representados los valores de la sensibilidad al contraste de cada red, se marca el número del último disco identificado correctamente para cada frecuencia espacial (fila). Los cinco puntos obtenidos se unen, dando lugar a una curva que representa la función de sensibilidad al contraste (CSF) del individuo. Naturalmente hay que tener en cuenta que cada columna vertical en el impreso de evaluación corresponde a una fila horizontal en el panel.

El número correspondiente a cada disco, es decir patron de red de onda sinusoidal, se puede convertir mediante la escala proporcionada por el fabricante en los valores de sensibilidad umbral correspondientes a cada frecuencia espacial. En la siguiente tabla se exponen estos datos.

VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

FILA	NÚMERO DE DISCO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A (1.5)	3	7	12	20	35	70	120	170
B (3)	4	9	15	24	44	85	170	220
C (6)	5	11	21	45	70	125	185	260
D (12)	5	8	15	32	55	88	125	170
E (18)	4	7	10	15	26	40	65	90

La zona gris de la gráfica del impreso representa la región donde se encuentra la C.S.F. del 90% de la población general, según el criterio del propio Ginsburg y constituye los siguientes intervalos de sensibilidad al contraste: En A (1,5 c/g) desde el disco 5 al disco 7: entre el valor 25 y 100 de sensibilidad al contraste; en B (3 c/g) desde el disco 5 al disco 7: 40 a 160; en C (6 c/g) desde el disco 4

al disco 7: 45 a 180; en D (12 c/g) desde el disco 3 hasta el disco 7: 15 a 130, y en E (18 c/g) desde el disco 1 al disco 6: con una sensibilidad al contraste entre 4 y 50.

4.2.4. MÉTODO DE DIAGNÓSTICO PARA DETERMINAR LA PRESIÓN INTRAOCULAR

El método más antiguo de determinación de la P.I.O. es la tonometría por presión y apreciación táctil del explorador. Es un método cualitativo que se ha empleado en clínica desde el siglo pasado, se ha sugerido que la exactitud de la técnica es de aproximadamente ± 10 mmHg (Draggerm 1966).

En la actualidad los instrumentos que se utilizan en la práctica clínica son los tonómetros que miden la presión intraocular relacionando la capacidad de deformación de la pared del globo ocular con la fuerza responsable de esa deformación. Es decir, la tonometría valora la fuerza necesaria que hay que aplicar sobre la córnea o la esclerótica para producir una determinada deformación, a la que se opone la P.I.O. Cuanto mayor es la presión intraocular, mayor es la resistencia y la dureza de las estructuras oculares a la deformación.

De las dos estructuras mencionadas, córnea y esclerótica, la medición en la córnea es más precisa y adecuada, porque las características de la córnea varían muy poco entre ambos ojos, mientras que las de la esclerótica se modifican considerablemente.

Cuando se produce una deformación de la córnea en forma de cono truncado se habla de tonometría por indentación. Siendo el tonómetro de Schiotz, introducido en 1905, el prototipo de este método de medida. El instrumento consiste en embolos de peso conocido que se deslizan libremente a través de una platina. Cuando el tonómetro se apoya en la córnea anestesiada del sujeto colocado en posición supina, el embolo forma una indentación por debajo del nivel de la placa. El grado de indentación de la córnea se indica por el movimiento de la aguja sobre la escala de lectura. A menor indentación le corresponde una mayor P.I.O. y viceversa.

Sin embargo, la forma exacta de la deformación es variable e impredecible, y además se desplaza un volumen intraocular relativamente grande. Como resultado de estas características, para estimar la P.I.O. se deben usar tablas de conversión basadas en los datos empíricos de estudios in vivo e in vitro.

La precisión de este tipo de tonometría depende del supuesto de que todos los ojos responden igual a la fuerza externa de la indentación, lo cual no es así. Y son muchos los factores descritos que introducen errores potenciales.

Actualmente no se considera el método de elección y ha sido sustituido por la tonometría por aplanación. Método de medida en el que se basa el instrumento utilizado en este trabajo de investigación.

La tonometría por aplanación se diferencia de la de indentación en que se produce un aplanamiento de las superficies corneales anterior y posterior y no una indentación. La ventaja de este método deriva del hecho de que normalmente el volumen de humor acuoso desplazado es muy pequeño, aproximadamente $0,5 \text{ mm}^3$, cuando se utiliza un diámetro de aplanamiento de alrededor de 3 mm.

La tonometría de aplanación se basa en la Ley de Imbert Fick, en la que la P.I.O. es equivalente a la fuerza de aplanación dividida por el área de aplanación (Forbes et al., 1974; Imbert, 1885; Fick, 1974).

El primer tonómetro clínico de aplanación fué introducido por Weber en 1867 y Maklakoff en 1885 (Weber, 1974; Maklakoff, 1974). La tonometría se efectúa midiendo el área de la córnea que se aplana al aplicar una fuerza o peso conocido sobre ella.

Basados en este método de medida han surgido diferentes modelos de tonómetro pero el prototipo es el tonómetro de Maklakow, en el cual el desplazamiento de volumen de humor

acuoso es menor que con la tonometría de indentación, aunque es lo suficientemente grande como para que se requieran tablas de conversión que tengan en cuenta la rigidez ocular.

Posteriormente apareció el tonómetro de aplanación de Goldmann, que al contrario que los anteriores en lugar de medir el área aplanada mide la fuerza que se requiere para aplanar un área determinada de la córnea (Goldmann, 1957). Goldmann (1955) descubrió que, cuando se aplanan un diámetro corneal de aproximadamente 3 mm se observa una relación lineal entre la fuerza aplicada y la presión en milímetros de mercurio, de forma que 1 g de fuerza equivale a 10 mm Hg.

Existen numerosos tonómetros que utilizan éste método de medida, donde el peso o la fuerza aplicada a la córnea se modifica con objeto de aplanar un área constante y fija

Pero el tonómetro de Goldmann, constituye la referencia para la evaluación de todos los demás aparatos. La tonometría por aplanación Goldman es la más utilizada y representa el método de elección para medir la P.I.O., por su fiabilidad y repetibilidad.

Sin embargo, el tonómetro de Goldmann tiene algunas limitaciones y problemas (Grolman, 1972). Estas incluyen la

necesidad de anestesiar la córnea para poner en contacto el instrumento con la córnea del paciente, la posibilidad de contaminación microbiana de los biprismas o trauma corneal, y el uso restringido en niños y pacientes en cama.

A comienzos de los años 70 apareció el primer tonómetro de "no contacto" (American Optical NCT) introducido por Grolman en 1972 (Balwantray y Henson, 1988) que utiliza los principios fundamentales del tonómetro de aplanación.

En este caso, la aplanación es producida por un pulso de aire controlado por una fuerza que se incrementa linealmente hasta obtener el aplanamiento deseado. Este pulso se calibra cuidadosamente de forma que el área aplanada de la córnea no exceda llamativamente del diámetro conocido de 3 mm. El intervalo de tiempo requerido para que el impulso de aire produzca la aplanación de la córnea es proporcional a la P.I.O..

Los resultados se visualizan en una pantalla digital y el tiempo que tarda en aplanar la córnea se transforma automáticamente en el valor de presión intraocular. (Forbes M et al., 1974; Shields MB, 1980)

Este tonómetro tiene diversas ventajas e inconvenientes. El volumen de humor acuoso desplazado no es suficiente como para introducir los errores asociados al

flujo compensador y a la rigidez ocular. Por eso, la medición se puede repetir sin problemas. Como tampoco existe contacto físico con la córnea, no se requieren anestésicos. Sin embargo, el pulso de aire puede secar el epitelio de la córnea. Es esencial, por consiguiente, mantener la córnea humedecida, efectuando movimientos de parpadeo entre cada medición.

Además el disparo del pulso de aire es una maniobra relativamente ruidosa, que aumenta la aprensión de algunos pacientes, por lo que, al repetir la lectura, se incrementa la P.I.O.

Las mediciones obtenidas muestran un único valor de P.I.O. sin relación con el ciclo cardíaco. Por eso y por otras razones, las lecturas repetidas pueden variar.

Con la aparición de nuevas tecnologías, los tonómetros de aplanación impulsados por aire han mejorado mucho desde su comienzo, siendo cada vez más manejables y más precisos en sus medidas. Actualmente llevan incorporado un sistema automático de generación del impulso de aire y de medida de la P.I.O..

Varios investigadores (Shields, 1980; Moseley et al., 1989) han informado de las diversas ventajas de los tonómetros neumáticos, ya que eliminan los peligros

potenciales que se asocian con todos los tonómetros de contacto, incluyendo la abrasión de la córnea, las reacciones a los anestésicos tópicos y la diseminación de infecciones como la queratoconjuntivitis epidémica (Thygeson, 1957). Además, el instrumento puede ser usado con toda confianza por personal paramédico y tiene particular importancia en la investigación masiva. La valoración subjetiva de la persona no influye en el resultado, puesto que el operador no ejerce influencia alguna sobre el proceso de medición.

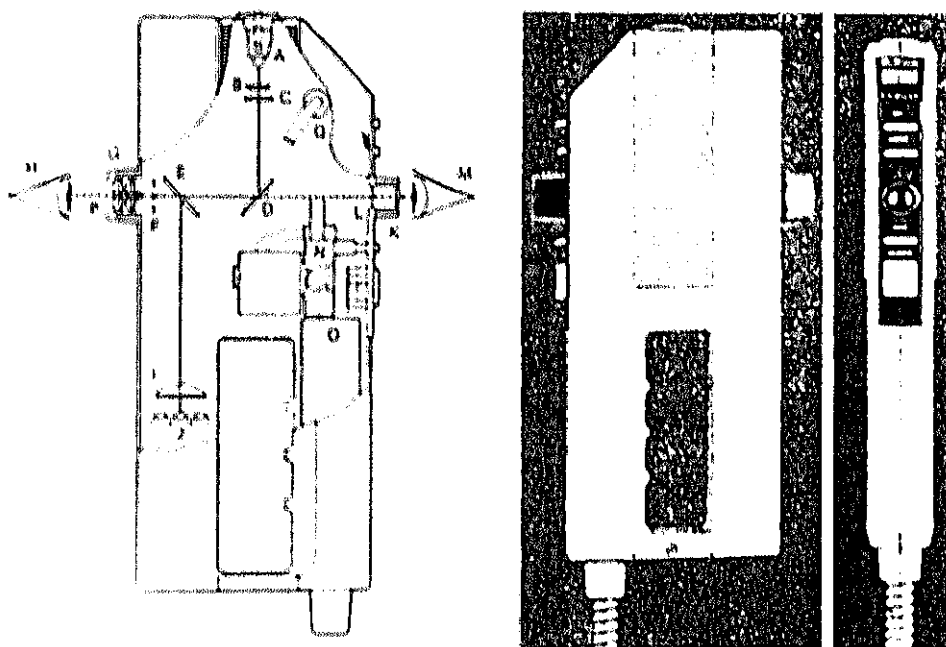
Se han realizado varios estudios para determinar si el impacto de aire sobre la córnea podría producir algún efecto adverso. Y no se han encontrado alteraciones de la barrera humo-acuosa, alteraciones epiteliales, ni alteraciones de la tensión ocular tras realizar numerosas medidas con intervalos de tiempo muy cortos entre ellas (Forbes, 1974).

Después de un lapso de varios años sin que aparecieran nuevos instrumentos o modificaciones de diseño significativas del tonómetro de no contacto original (Balwantry, 1988), se han comercializado, recientemente, nuevos instrumentos entre ellos el tonómetro PULSAIR de Keeler Instruments Inc que será utilizado en esta investigación.

4.2.4.1. TONOMETRO PULSAIR-KEELER

El tonómetro Pulsair de Keeler es un aparato manual que, al igual que el tonómetro sin contacto de American Optical, se basa en la aplicación de aire a presión para aplanar la córnea. El intervalo de medición es de 0 a 55 mm Hg., aunque para las presiones intraoculares menores de 30 mm Hg. la presión de los pulsos de aire es inferior a la del tonómetro de American. El equipo Pulsair utiliza un transductor para medir directamente la presión de aire en el momento en el que se aplanan la córnea; en este caso, no se realiza una medida indirecta de la presión en función del tiempo necesario para aplanar la córnea como en el otro tonómetro.

El mecanismo de este aparato se muestra en la siguiente figura.



La luz procedente de la bombilla A atraviesa la lente condensadora B y el filtro C, y continúa hasta el separador de haces D. Parte de la luz es proyectada después hacia delante a través del separador de haces E y del retículo F. Éste produce la imagen del objeto que se proyecta con un sistema de lentes hacia la córnea del paciente.

Parte de la imagen corneal reflejada se divide por el separador de haces E a través de una "lente de contraste" I hacia un conjunto de tres fotodetectores J. Otra parte de la luz atraviesa los separadores de haces E y D y se dirige hacia la lente de observación K, formando una imagen que permite al operador alinear el aparato.

Únicamente cuando el tonómetro se coloca a la distancia correcta y está alineado con respecto a la córnea del paciente, la imagen del reflejo corneal incide en los tres fotodetectores J de tal manera que los dos detectores externos recogen una mayor cantidad de luz que el central.

En ese momento, el instrumento detecta que el contraste entre la suma de los detectores externo y central es correcto y la válvula N del reservorio de aire O se abre de forma automática, liberándose un pulso de aire a través del tubo P hacia el globo ocular del paciente.

El pulso creciente de aire reduce la curvatura corneal, hasta que finalmente se aplanan. De esta manera se modifican las características del reflejo corneal, y el detector central recibe más luz que la suma de los dos detectores externos, invirtiéndose el contraste. En este momento, el transductor de presión Q, conectado directamente al sistema neumático, mide la presión del pulso y el resultado se visualiza digitalmente en milímetros de mercurio. El proceso de medición, desde el momento en que se alinea correctamente el aparato, dura breves milisegundos.

El sistema automático está diseñado para reducir la posibilidad del error del operador porque las lecturas sólo se pueden obtener cuando el instrumento está alineado apropiadamente (Leydhecker y Krehn, 1983).

La ventaja del Pulsair es que usa un soplo de aire con la presión justa para exceder ligeramente la cantidad necesaria para determinar la P.I.O., en lugar de aplicar un pulso fijo de alta presión para todos los pacientes independientemente de su P.I.O.. Gracias a esta modificación, apenas emite ruidos y no tiene los problemas de aprensión del tonómetro American Optical (Fisher et al., 1988; Vernon, 1989). Sin embargo, al igual que éste, la medición se efectúa en cualquier momento del ciclo cardíaco

y las lecturas repetidas pueden variar como consecuencia de ello.

Una de las ventajas del diseño de este aparato es tener la porción del aparato que toma la lectura portátil, por lo que no se requiere que el paciente adopte una posición determinada, como ocurre con otros tonómetros, ya que a veces en ciertas personas puede ser un problema. Además existe la posibilidad de efectuar mediciones en pacientes con cicatrices, irregularidad o sequedad de la córnea.

Este tonómetro ha sido sometido a extensas pruebas clínicas, tanto en el Reino Unido como en los EEUU que confirman que presenta una precisión adecuada. A continuación comentamos algunas de las pruebas más destacables.

Bonomi et al. (1991) comparan los valores de P.I.O. obtenidos en 414 ojos mediante el tonómetro Pulsair Keeler y el Goldmann, utilizando este último como instrumento de referencia, y no hallan diferencias estadísticamente significativas entre las dos técnicas. Encuentran una buena correlación entre los valores tonométricos, y al igual que Vernon (1989) y Sorensen (1975) creen que produce valores elevados, aunque otros investigadores han referido diferentes resultados (Buscemi et al., 1989; Sponsel et

al., 1989). En el rango de valores críticos para propósitos diagnósticos (18-22 mm Hg), la diferencia con los valores medios del Goldman es solo de 0,8 mm Hg. La reproducibilidad de los valores obtenidos usando el tonometro Pulsair es buena para presiones mayores de 24 mm Hg e incluso mejor para valores inferiores a 24 mm Hg como son los esperados en una población adulta joven como la estudiada por nosotros.

Climenhaga y Plucinska (1988) obtienen un coeficiente de correlación entre los dos instrumentos comparable a los referidos para otros tonómetros de no-contacto, aunque mejor para el primer ojo examinado que para el segundo ojo. Esta mejora en el coeficiente de correlación parece representar un aprendizaje mutuo entre el paciente y el observador.

Igualmente, Ayala et al. (1990) cuando valoran la precisión del pneumotonómetro Pulsair-Keeler mediante su comparación con la tonometría por aplanación Goldmann informan de un coeficiente de correlación lineal de 0,8 que indica la existencia de una buena correlación.

Moseley et al. (1989) encuentran que un porcentaje del 71% de los ojos medidos estaban en el margen aceptable de error de ± 3 mm Hg propuesto por Kao et al. (1987) para

realizar comparaciones con los valores medios del Goldmann. Y este porcentaje se incrementa hasta el 78% si se eliminan las presiones mayores o iguales a 30 mm Hg obtenidas con el Pulsair.

Hay un acuerdo bastante general entre los diversos autores, en cuanto a los resultados obtenidos, cuando se comparan las P.I.O. medidas con el Pulsair y con el tonómetro de referencia Goldmann, según diversos intervalos de tensión ocular, como se relatan a continuación.

Para presiones menores de 10 mm Hg el Pulsair sobrevalora las presiones obtenidas con el tonómetro Goldmann (Moseley et al., 1989; Ayala et al. 1990)

Entre 10 y 19 mm Hg no hay diferencias significativas entre lecturas obtenidas con cualquiera de los dos métodos (Moseley et al., 1989; Ayala et al., 1990; Climenhaga y Plucinska 1988)

En el intervalo de mayor importancia diagnóstica (19-24 mm Hg), las cifras obtendias son ligeramente mayores con el Goldmann pero sin que las diferencias tengan valor desde el punto de vista estadístico (Ayala et al., 1990).

En los valores altos, el Pulsair infravalora las presiones obtenidas con el Goldmann (Moseley et al.,

1989; Ayala et al. 1990). No obstante la mayoría de los autores opina que como método de screening este instrumento es muy aceptable. Es por ello, y por todas las condiciones anteriormente comentadas, que nosotros utilizaremos este instrumento en nuestro trabajo de investigación.

2.4.1.1. Sistemática de medida

Para realizar la medida de la P.I.O. se coloca la porción portátil del pneumotonómetro frente a la córnea, reflejándose sobre ésta dos imágenes que cuando están perfectamente enfocadas y correctamente alineadas, es decir perpendiculares a la córnea, se produce el disparo del aire de manera automática quedando la cifra de la P.I.O. reflejada en la pantalla digital.

La toma de la P.I.O. con este tonómetro se realiza de la siguiente manera:

La persona puede estar sentada o en decúbito supino y los sujetos portadores de lentes de contacto se las deben quitar por lo menos cinco minutos antes tomar la lectura tonométrica (Khan et al., 1991). Después de encender el aparato, se retira el dispositivo manual de la consola que dará lugar a que se encienda automáticamente la bomba, la cual sólo necesita 5 segundos para cebarse antes de encontrarse lista para su uso. Además es necesario comprobar

que los pulsadores "30+" y "sub-flex" no están activados. Entonces se acciona el pulsador de "establecimiento/restablecimiento" y se coloca la mano que queda libre sobre la frente del paciente para soportar y estabilizar el dispositivo manual, colocandolo aproximadamente a 20 mm de la córnea del paciente e indicando al paciente que mire a la luz roja del objetivo del instrumento. A continuación, mirando por el lateral del dispositivo manual, se centra el reflejo rojo de la córnea en la pupila del paciente.

Cuando el instrumento está alineado se mira por el ocular del Pulsair-Keeler y se verá una imagen que puede ser de tres tipos y que indican: que está demasiado cerca de la córnea, demasiado alejado o en la posición correcta.

En función de la imagen que se vea será necesario variar ligeramente la distancia hasta conseguir la posición correcta, donde el Pulsair-Keeler tomará automáticamente la lectura de la presión que aparece en la presentación visual del dispositivo manual. Si no se activa en 30 segundos la luz del objetivo, ésta se apagará y deberemos accionar de nuevo el pulsador de "establecimiento/restablecimiento" para obtener otro periodo de 30 segundos.

En pacientes cuya P.I.O. sea mayor de 30 mm de Hg. se deberá accionar el pulsador "30+" y realizar igualmente cuatro lecturas. En pacientes con la córnea alterada, donde la reflectividad está distorsionada o reducida y no se pueda realizar la medida de la P.I.O., deberemos accionar el pulsador "subflex".

Según las indicaciones de uso estándar se deben realizar cuatro lecturas de cada ojo registrándose como P.I.O. válida el valor medio de aquellas expresado en mm de Hg. Estas condiciones estándar han sido confirmadas por Fisher et al (1988) que compara los resultados así obtenidos con los procedentes de realizar menos de cuatro medidas, siendo la media de cuatro lecturas con la que se obtiene mayor precisión. Los resultados se anotan en la ficha n.º 4.

En clínica, por costumbre, los resultados de P.I.O. se expresan habitualmente como la presión en la base de una columna de mercurio (Hg), aunque en el sistema internacional de unidades, la unidad de presión es el pascal, que es la fuerza de 1 newton por metro cuadrado.

Las unidades en mm de Hg., con las que habitualmente se dan los resultados en clínica, vienen a expresar la presión en la base de una columna de mercurio (Hg), aunque en el

sistema internacional de unidades, la unidad de presión es el pascal, que es la fuerza de 1 newton por metro cuadrado.

4.3. TRATAMIENTO DE LOS DATOS PARA EL ANÁLISIS

Los directores de esta investigación y la doctoranda han contado para el procesamiento de los datos y su análisis estadístico con el Centro de Proceso de Datos de la Universidad Complutense de Madrid, y con el asesoramiento durante el desarrollo del trabajo del personal científico de ayuda a la investigación de aquel Centro.

En primer lugar se construye una base de datos informatizada para el conjunto de las variables de estudio y sus categorías epidemiológicas.

Para el cálculo y análisis estadístico de los resultados, el programa utilizado ha sido el B.M.D.P.

En primer lugar, se ha procedido al estudio descriptivo de la población en relación a las diferentes variables examinadas con el programa BMDP1D y BMDP2D.

Posteriormente, se ha procedido a la investigación analítica de los resultados obtenidos. Para ello se ha realizado un estudio de los factores de influencia sobre la P.I.O. y sobre la sensibilidad al contraste mediante un análisis de la varianza (Anova) que permite comparar, indirectamente, las medias aritméticas obtenidas en

diferentes grupos, por medio de la comparación directa de sus dispersiones, siendo el programa utilizado el BMDP7D.

También se ha investigado la asociación entre variables mediante la prueba de χ^2 a través del programa BMDP4F, y por último se ha buscado la correlación entre algunas de las variables con el programa BMDP8D.

En el trabajo se cita el nivel de significación estadística mediante el valor de "p", que en todos los casos se ha exigido que fuese menor de 0,05.

Como procesador de texto se ha empleado Word de Microsoft para Windows y para los gráficos Graph de Microsoft Word para Windows.

V- RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO VISUAL DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

El grupo estudiado corresponde como ya se ha comentado anteriormente a los alumnos de la E.U.O. que se ha distribuido, conforme a las siguientes variables, como sigue:

5.1.1. VARIABLES DE PERSONA

5.1.1.1. SEXO Y EDAD

En relación al sexo el porcentaje de varones es de un 34% y el de mujeres de un 66%. Esta proporción entre hombres y mujeres es similar a la que existe para toda la población de estudiantes universitarios de la Universidad Complutense.

La edad de la población estudiada se ha reunido en cuatro grupos para fácil operatividad y, aunque a efectos de la sensibilidad al contraste y de la P.I.O. el intervalo de edades de esta población es estable desde el punto de vista visual, se establecen estos grupos por considerar que en ellos pueda tener influencia la correspondiente exposición a hábitos de interés sanitario.

La distribución en los distintos grupos de edad se muestra en la siguiente tabla, tanto para el total de la población como diferenciando entre varones y mujeres. En la parte inferior se dan las medidas de centralización y dispersión para la edad.

TABLA N° 1

EDAD	TOTAL		VARÓN		MUJER	
	N	%	N	%	N	%
15 - 19	100	28,4	86	24,2	214	30,6
20 - 24	654	61,9	220	61,8	434	62
25 - 29	74	7,0	36	10,1	38	5,4
30 - 34	28	2,7	14	3,9	14	2,0
TOTAL	1026	100	356	100	700	100

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
45	18	28	20	19
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
21,36	0,13	3,12	24,48	18,23

5.1.1.2. ANTECEDENTE FAMILIAR DE GLAUCOMA

La existencia de algún familiar con glaucoma diagnosticado es del 1,6% frente a un 96,4% que no tienen antecedentes familiares de glaucoma.

Las mujeres refieren un porcentaje ligeramente superior de familiares con glaucoma respecto al grupo de varones. Un análisis mediante la prueba de χ^2 revela que existen diferencias significativas, cuestión que sólo se podría interpretar desde que la contestación a esta pregunta es más fiable en la mujer que en el hombre, por retener aquellas mejor la información respecto a la morbilidad familiar.

TABLA N° 2

F. G.	TOTAL		VARÓN		MUJER	
	N	%	N	%	N	%
SI	18	1,6	6	1,7	32	4,6
NO	1018	96,4	350	98,3	668	95,4
TOTAL	1036	100	356	100	700	100

$$\chi^2 = 5,66$$

$$P = 0,01$$

5.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS PARÁMETROS VISUALES EN LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

5.1.2.1. AGUDEZA VISUAL

En la siguiente tabla se muestran los valores de agudeza visual de nuestra población, que han sido examinados contando con la corrección óptica que el grupo presenta.

El valor medio obtenido ha sido mayor de uno, y no se ha determinado ningún valor inferior a 0,4.

El 68% de los valores de agudeza visual del grupo estudiado, es decir una vez la desviación estándar a cada lado de la media están comprendidos entre 1,2 y 0,88.

TABLA N° 3

A. V.	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	TOTAL
N	2	14	27	155	322	536	1056
%	0,2	1,3	2,6	14,7	30,5	50,8	100

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
1,2	0,4	0,8	1,2	1,2
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
1,05	0,005	0,17	1,23	0,88

Si diferenciamos entre aquellas personas que alcanzan la unidad, o más, en agudeza visual y aquellas que no lo consiguen encontramos que de la muestra total de 1056 ojos un 81,1% alcanza agudeza visual igual o mayor de uno. Es decir, en nuestra población un porcentaje alto presenta buena visión. Diferenciando por sexo, un 84,5% de los varones tienen agudeza visual unidad o superior, en relación a un 79,5% de las mujeres que alcanzan este valor.

TABLA N° 4

AGUDEZA V	TOTAL		VARÓN		MUJER	
	N	%	N	%	N	%
A.V. ≥ 1	858	81,25	301	84,55	557	79,57
A.V. < 1	198	18,75	55	15,45	143	20,42
TOTAL	1056	100	356	100	700	100

5.1.2.2. ESTADO REFRACTIVO

Para conocer la distribución de la población de estudio según el estado refractivo que presenta se han establecido seis grupos en función del número de dioptrías y de su signo. En los casos de astigmatismo se ha utilizado el equivalente esférico que es la suma del componente esférico de la refracción más la mitad del componente cilíndrico.

Los seis grupos corresponden a miopes elevados cuando la refracción es mayor de - 5,00 dioptrías, miopes medios los que están comprendidos entre -2,00 dioptrías y -5,00 D., miopes leves desde -2,00 dioptrías hasta -0,50 D. inclusive, emétropes desde -0,25 hasta +0,25 dioptrías, hipermétropes leves entre +0,5 y +2,00 dioptrías inclusive, y los hipermétropes medios que corresponden a aquellos sujetos con más de +2,00 dioptrías.

En la tabla n° 4 se muestran los valores absolutos y relativos de cada categoría tanto en el total de muestra como en varones y mujeres. De los 1056 ojos examinados 48 son miopes elevados, 145 miopes medios, 215 miopes leves, 55% emétropes y solamente un 8,8% son hipermétropes.

TABLA N° 5

REFRACCIÓN	TOTAL		VARÓN		MUJER	
	N	%	N	%	N	%
MIOPE ALTO	48	4,5	12	3,4	36	5,1
MIOPE MEDIO	145	13,7	39	11	106	15,1
MIOPE LEVE	215	20,4	73	20,5	142	20,3
EMÉTROPE	555	52,6	198	55,6	357	51,0
H. LEVE	76	7,2	27	7,6	49	7,0
HIPERMÉTROPE	17	1,6	7	2	10	1,4
TOTAL	1056	100	356	100	700	100

Máximo	Mínimo	Rango	mediana	moda
+5,50 D.	-19,50	25,00	0,00	0,00
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
-0,87	0,061	1,98	+1,11	-2,85

En el grupo estudiado, aproximadamente el 80% se encuentra en los rangos de emetropía y ametropías leves, siendo más numerosos los varones que las mujeres con esta condición.

En el grupo de miopía media, el porcentaje en el total de la población es del 13,7%, siendo mayor la proporción de mujeres miopes.

Los miopes altos representan un grupo pequeño con 48 ojos, de los cuales solamente 14 superan las 6,00 dioptrías de miopía siendo un caso excepcional el de una mujer con 19 dioptrías en ambos ojos.

Los hipermétropes medios representan el grupo menos numeroso conforme a lo esperado en poblaciones similares a la estudiada por nosotros. El mayor valor de hipermetropía ha sido de +5,50 dioptrías.

Excepto para la miopía media y en menor proporción para la miopía alta, la distribución del estado refractivo entre sexos es similar. El estudio de la asociación del sexo y el error refractivo mediante la prueba de χ^2 no revela diferencias significativas.

El valor medio de refracción considerando el equivalente esférico es ligeramente miope con un valor de -0,87 dioptrías.

Dentro del estado refractivo podemos distinguir aquellas personas que presentan astigmatismo, que como se detalla en la tabla siguiente son aproximadamente un 24%.

El valor medio del componente cilíndrico de la refracción del astigmata es de -0,23 dioptrías con un máximo de +4,00 y un mínimo de -6,00 dioptrías.

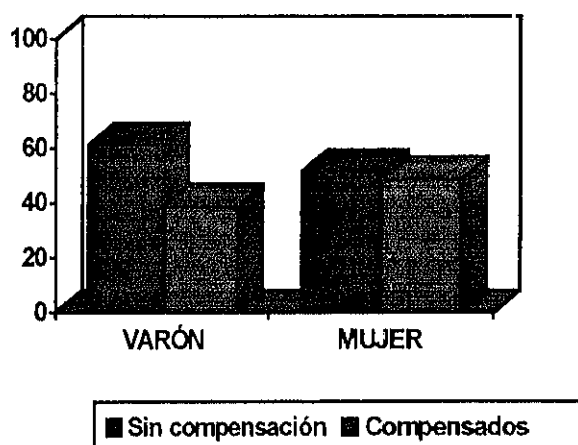
TABLA N° 6

ASTIGMATISMO	SI	NO	TOTAL
N	256	800	1056
%	24,2	75,8	100

5.1.2.3. TIPO DE CORRECCIÓN ÓPTICA

El 45,3% de la población estudiada lleva algún tipo de compensación óptica.

Diferenciando por sexos como se observa en la siguiente gráfica, un 51,4 % de las mujeres no lleva corrección frente a un 48,6 % que sí la lleva, siendo este último porcentaje un poco superior al encontrado en el grupo de varones, de los cuales sólo un 38,8 % está compensado con lentes.



En relación al tipo de corrección habitual, gafas o lentes de contacto, cabe destacar que el porcentaje de usuarios de gafas es superior al de usuarios de lentes de contacto como se expone en la siguiente tabla.

Cuando se establecen las diferencias por sexo, el porcentaje de mujeres que llevan gafas es similar al de mujeres que llevan lentes de contacto. Sin embargo el porcentaje de varones usuarios de lentes de contacto es mucho menor.

TABLA N° 7

CORRECCIÓN	TOTAL		VARÓN		MUJER	
	N	%	N	%	N	%
NADA	578	54,7	218	61,2	360	51,4
GAFAS	286	27,1	106	29,8	180	25,7
L. C.	192	18,2	32	9	160	22,9
TOTAL	1056	100	356	100	700	100

Cuando se estudió la asociación entre el tipo de compensación y el sexo mediante la prueba de χ^2 esta fué significativa con $p < 0,05$.

Las lentes de contacto se han clasificado según su tipo en duras, permeables y blandas. Siendo estas últimas las que llevan un mayor porcentaje de usuarios con diferencia, mientras que el porcentaje menor se refiere a los que utilizan lentes de contacto duras.

TABLA N° 8

L. CONTACTO	N	%
DURAS	16	8,3
PERMEABLES	36	18,7
BLANDAS	140	73
TOTAL	192	100

5.1.2.4. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN EL CONJUNTO DE LAS FRECUENCIAS ESPACIALES DEL TEST VCTS

Los valores de sensibilidad al contraste corresponden, como ya se ha comentado en material y métodos, a la inversa del umbral de contraste necesario para percibir las franjas de la red en el test, y éste viene definido por el contraste de Michelson para la visibilidad de redes que oscila entre un valor máximo de unidad y otro mínimo de cero.

Con el test VCTS las frecuencias espaciales que se examinan son 1,5 - 3 - 6 - 12 y 18 ciclos/grado.

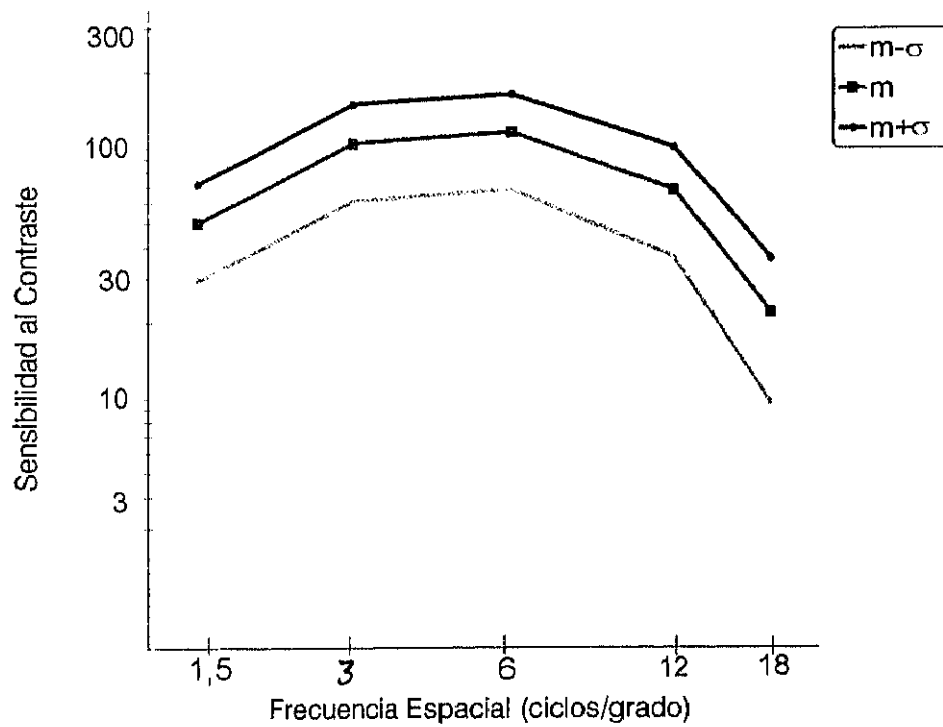
En el total del grupo estudiado el perfil medio de sensibilidad al contraste para estas frecuencias espaciales se expresa en la tabla nº 9, así como también los valores que corresponden a una vez la desviación estándar a cada lado de la media que engloban el 68% de la población.

La representación gráfica correspondiente de esta sensibilidad al contraste para las distintas frecuencias espaciales se conoce como función de sensibilidad al contraste espacial (C.S.F.) que en nuestra población (gráfica nº 1) demuestra una distribución absolutamente dentro del rango de normalidad del test.

TABLA N° 9

	MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE				
	1,5 C/G	3 C/G	6 C/G	12 C/G	18 C/G
$m - \sigma$	29,30	60,72	67,74	36,56	9,5
MEDIA	50	104	115	68	22
$m + \sigma$	71,43	148,57	163,01	100,5	36,14

GRÁFICA N° 1



Debemos recordar, que el sistema visual no tiene la misma sensibilidad al contraste en todas las frecuencias espaciales, siendo ésta, máxima para las frecuencias entre 3 y 10 ciclos/grado y mínima para las frecuencias elevadas, en este caso 18 ciclos/grado. Es decir, para detectar detalles se requiere más contraste que para ver objetos grandes. Por este motivo, los valores de sensibilidad al contraste que define el propio test, y que se referirán en las siguientes tablas para las distintas frecuencias espaciales son diferentes.

A continuación se presentan los datos de distribución de la sensibilidad al contraste obtenidos monocularmente para cada una de las frecuencias espaciales consideradas teniendo en cuenta el total de la población, independientemente de sus valores de agudeza visual, a efectos de establecer una panorámica de la función de sensibilidad al contraste habitual en la población universitaria.

Para cada frecuencia espacial, el test VCTS tiene ocho discos o placas con contraste progresivamente decreciente situados en una misma fila. De tal forma que cuanto mejor sea la sensibilidad al contraste del observador, mayor será su capacidad para detectar la presencia de franjas alternativamente claras y oscuras en los sucesivos discos.

FRECUENCIA ESPACIAL 1,5 CICLOS/GRADO

En nuestra población de estudio todos los sujetos han sido capaces de distinguir el contraste en los tres primeros discos para la frecuencia espacial 1,5 ciclos/grado. Por ello el valor mínimo obtenido ha sido de 12 y el valor de sensibilidad al contraste que mayor número de individuos ha alcanzado corresponde al de 35.

Los porcentajes, valores absolutos y medidas de centralización y de dispersión se muestran en la siguiente tabla.

TABLA N° 10

	VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE				
	12	20	35	70	120
N	1	39	575	413	28
%	0,1	3,7	54,5	39,1	2,7

N = 1056 OJOS

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
120	12	108	35,00	35,00
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
50,36	0,64	21,06	71,43	29,30

En todas las frecuencias espaciales las desviaciones estándar presentan unos valores elevados que en principio podrían extrañar, sin embargo representan la variación interindividual normal hallada por casi todos los autores.

FRECUENCIA ESPACIAL 3 CICLOS/GRADO

Para la frecuencia espacial de 3 ciclos/grado todos los individuos podían distinguir la presencia de franjas en los cuatro primeros discos, por lo que el valor mínimo de sensibilidad al contraste se sitúa en 24, es decir no hay ningún valor por debajo de los rangos de normalidad, y el máximo llega a 170, este último resultado es alcanzado por un 29% de la población.

TABLA N° 11

	VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE			
	24	44	85	170
N	3	125	622	306
%	0,3	11,8	58,9	29

N = 1056 OJOS

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
170	24	146	85,00	85,00
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
104,65	1,35	43,92	148,57	60,72

FRECUENCIA ESPACIAL 6 CICLOS/GRADO

El máximo valor medio de sensibilidad al contraste corresponde a esta frecuencia espacial que alcanza un valor de 115, aunque está bastante próximo al de 104 alcanzado para la frecuencia de 3 ciclos/grado. Estos resultados se corresponden con los picos máximos dados por los diferentes autores para la C.S.F. que oscilan entre 3 y 10 ciclos/grado.

El valor de sensibilidad al contraste que mayor número de individuos ha alcanzado corresponde al de 125 y 185, ambos por encima del valor medio.

Sin embargo, en esta frecuencia espacial hemos encontrado un porcentaje elevado respecto a las otras frecuencias, para los valores de sensibilidad al contraste que se encuentran fuera del rango de normalidad establecido para el test VCTS, en concreto afecta al valor de 45 que se encuentra en el límite de la zona que comprende al 95% de la población.

Tanto el primero como el segundo disco lo ven todos los individuos.

A continuación se presenta la tabla que recoge estos resultados.

TABLA N° 12

VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE						
	11	21	45	70	125	185
N	3	16	130	206	476	225
%	0,3	1,5	12,3	19,5	45,1	21,3

N = 1056 OJOS

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
185	11	174	125	125
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
115,37	1,46	47,63	163,01	67,74

FRECUENCIA ESPACIAL 12 CICLOS/GRADO

El 78 % del grupo estudiado tiene una sensibilidad al contraste igual o superior a 55, es decir la mayoría distingue el contraste hasta el disco n° 6, alcanzando el porcentaje más alto de individuos un valor superior, que corresponde al de 88. Sin embargo, en el otro extremo hay un 0,1% que solamente pueden distinguir las franjas en el primer disco.

TABLA N° 13

VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE							
	5	8	15	32	55	88	125
N	2	33	93	105	264	455	104
%	0,1	3,1	8,8	9,9	25	43,1	9,8

N = 1056 OJOS

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
125	5	120	88	88
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
68,57	0,98	32,01	100,59	36,56

FRECUENCIA ESPACIAL 18 CICLOS/GRADO

Conforme aumenta la frecuencia espacial la sensibilidad al contraste es menor y se necesita una buena agudeza visual para distinguir la alternancia de las zonas claras y oscuras muy próximas en los discos. Las frecuencias espaciales altas en realidad examinan el poder de resolución del sistema visual.

En nuestra población los valores obtenidos para esta frecuencia espacial presentan una dispersión alta como corresponde a lo obtenido por otros autores. Además debemos tener en cuenta que estos datos se refieren al total de la población, independientemente de los valores de agudeza visual que presenten, lo que determina esta variabilidad.

La sensibilidad al contraste media es de 22,85, mientras que el resultado alcanzado por la mayoría es el de 26.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos.

TABLA N° 14

VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE								
	4	7	10	15	26	40	65	90
N	68	77	140	198	305	245	15	8
%	6,4	7,3	13,2	18,8	28,9	23,2	1,4	0,7

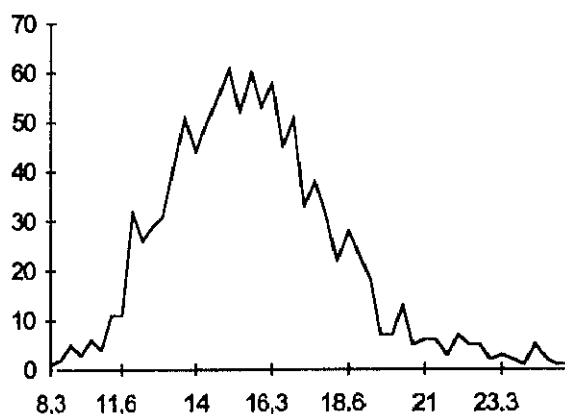
N = 1056 OJOS

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
90	4	86	26	26
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
22,85	0,41	13,28	36,14	9,56

5.1.2.5. PRESIÓN INTRAOCULAR

La P.I.O. media encontrada en nuestra población es de 15,77 mm Hg. con una desviación estándar de 2,67. La máxima tensión que se ha obtenido es de 26,33 y la mínima de 8,33 mm Hg.

La distribución de la P.I.O. sigue aproximadamente una curva en campana con un ligero sesgo a la derecha como el observado para la población general.



Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
26,33	8,33	17,99	15,66	15
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
15,77	0,08	2,67	18,45	13,10

Como ya se ha dicho se acepta que dos veces la desviación estándar a cada lado de la media dan una escala de "normalidad" clínica que va de los 10 a los 20 mm Hg. Esto, sin embargo, no separa los valores fisiológicos de los patológicos. En nuestra población de estudio solamente un 6,3% presentan P.I.O. superiores o iguales a 21 mm Hg., siendo el porcentaje obtenido en el grupo de varones, un 8%, más elevado que el 5,4% del grupo de mujeres como se indica en la siguiente tabla.

TABLA N° 15

P.I.O.	TOTAL		VARÓN		MUJER	
	N	%	N	%	N	%
<21	989	93,65	327	91,85	662	94,6
≥21	67	6,35	29	8,15	38	5,4
TOTAL	1056	100	356	100	700	100

A continuación presentamos la estadística básica de la población con valores de P.I.O. por debajo de 21 mm Hg., que presenta las siguientes medidas de centralización y dispersión:

P.I.O. < 21 mmHg

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
20	8,3	11,6	15,33	15
Media	Error M.	D. Estándar	$m + \sigma$	$m - \sigma$
15,35	0,06	2,14	17,49	13,20

Para la población con valores de P.I.O. por encima del límite de normalidad clínica se han encontrado pocos valores cercanos a 26 mm Hg.

Los datos de la estadística descriptiva para este grupo son los siguientes.

P.I.O. \geq 21 mmHg

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
26,33	20,33	6,0	22	20,33
Media	Error M.	D. Estándar	$m + \sigma$	$m - \sigma$
22,07	0,19	1,57	23,64	20,50

5.1.3. Hábitos de Interés Sanitario

Nos ha interesado valorar los hábitos de interés sanitario de los que ha continuación damos resultados, por la posible influencia que los principios activos ligados al tabaco y a ciertas bebidas pudieran tener sobre la P.I.O. y sobre la sensibilidad al contraste objeto de nuestro estudio.

5.1.3.1. Hábito de Fumar

Hoy en día todos los expertos están de acuerdo en que el tabaquismo constituye, en los países desarrollados, el primer problema de salud pública susceptible de prevención.

En nuestro grupo de estudio el porcentaje de estudiantes que no fuman un 59,5% es mayor que el grupo de estudiantes que fuman.

La proporción que existe entre varones que fuman, alrededor de un 40%, y los que no fuman, aproximadamente un 60%, es similar a la que se encuentra para las mujeres como queda expuesto en la tabla nº 16. No se han encontrado diferencias significativas a favor de ninguno de los dos sexos, tanto cuando se cuantifica la cantidad de cigarrillos al día que se fuman, como cuando solo se diferencia entre fumar o no fumar.

TABLA N° 16

	TOTAL		VARÓN		MUJER	
H. FUMAR	N	%	N	%	N	%
SI	427	40,5	140	39,5	287	41
NO	629	59,5	216	60,5	413	59
TOTAL	1056	100	356	100	700	100

Teniendo en cuenta que el criterio para valorar el tabaquismo es bastante amplio, nosotros hemos establecido para categorizar este consumo en la población el criterio de: Poco: menos de 10 cigarrillos al día; mucho: de 11 a 20 cigarrillos al día y muchísimo: más de un paquete al día.

El porcentaje de la población que fuma poco es parecido al de los que fuman mucho, siendo muy pequeño el número de personas que fuman más de un paquete al día, como se observa en la siguiente tabla.

TABLA N° 17

H. FUMAR	POCO	MUCHO	MUCHÍSIMO	TOTAL
N	197	204	26	427
%	46,13	47,77	6,1	100

La historia natural del hábito suele ir ligada a la evolución cronológica del individuo, de ahí que los resultados obtenidos en nuestra población no se aparten de lo esperable. Es decir, el hábito de fumar aumenta en el rango de edades estudiado como se observa en la tabla nº18.

Mientras que para el grupo de menor edad, el 75% no fuman, para el grupo mayor de 30 años el 65% tienen el hábito de fumar.

Cuando se estudia la asociación entre la edad y el hábito de fumar mediante el test de χ^2 se obtienen diferencias significativas con $p < 0,01$.

TABLA Nº 18

H. FUMAR	EDAD							
	≤ 19		20 - 24		25-29		≥ 30	
	N	%	N	%	N	%	N	%
SI	76	25,3	291	44,5	42	56,8	18	64,3
NO	224	74,7	363	55,5	32	43,2	10	35,7
TOTAL	300	100	654	100	74	100	28	100

5.1.3.2. CONSUMO DE BEBIDAS CON CAFEÍNA

Consideramos bebidas que contienen en su composición cafeína, fundamentalmente el café y la coca-cola. Una respuesta afirmativa a esta pregunta en la ficha nº 1 significa que se consumen más de tres bebidas con cafeína al día, como mínimo de 100 cm³ o más cada una.

La proporción de individuos que no tienen este hábito, un 70%, es superior a los que sí consumen estas bebidas.

El análisis de la asociación, mediante un test de χ^2 , entre el consumo de cafeína y el sexo no ha llegado a demostrar que existan diferencias significativas.

Los porcentajes obtenidos en varones y mujeres son similares como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA N° 19

C.CAFEINA	TOTAL		VARÓN		MUJER	
	N	%	N	%	N	%
SI	323	30,5	99	27,7	224	32
NO	733	69,5	257	72,3	476	68
TOTAL	1056	100	356	100	700	100

Considerando, igual que anteriormente, la evolución cronológica del individuo y su relación con hábitos asociados. En nuestra población de estudio, los grupos de menor edad consumen menos bebidas con cafeína, siendo el grupo de 25 a 29 años donde menos diferencias se observan entre los que tienen el hábito y los que no lo tienen.

Cuando se estudia mediante la prueba del χ^2 la asociación entre estas dos variables se encuentran diferencias significativas con $p < 0,01$.

TABLA N° 20

C. CAFEINA	EDAD							
	≤ 19		20 - 24		25-29		≥ 30	
	N	%	N	%	N	%	N	%
SI	69	23	210	32,1	34	45,9	10	35,7
NO	231	77	444	67,9	40	54,1	18	64,3
TOTAL	300	100	654	100	74	100	28	100

5.2. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES EPIDEMIOLÓGICAS SOBRE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

Cuando el sistema óptico del ojo está desenfocado, la imagen formada en la retina tiene un contraste reducido comparado con un ojo que focaliza bien, siendo la disminución del contraste de la imagen menor para las redes de franjas anchas que para las redes de franjas más finas, es decir de frecuencia espacial alta.

Por ello, conocida la influencia de la borrosidad y de una agudeza visual insuficiente sobre la sensibilidad al contraste, como ha sido corroborado por numerosos autores, comenzamos, para el análisis de los resultados de esta exploración precisamente por esta variable.

5.2.1. AGUDEZA VISUAL Y SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

Antes de analizar la influencia de la agudeza visual sobre la sensibilidad al contraste, describimos en la siguiente tabla los valores medios de sensibilidad al contraste obtenidos en el conjunto de frecuencias espaciales correspondientes al test VCTS, en relación a los resultados de agudeza visual, de los cuales, en nuestro estudio no ha habido ningún individuo que presentase agudeza visual inferior a 0,4.

En la tabla podemos observar que correspondiendo a una elevación de la agudeza visual se produce un incremento progresivo en la sensibilidad al contraste, que se hace más patente conforme aumenta la frecuencia espacial de la red, y que casi no afecta a la primera frecuencia.

TABLA N° 21

A. V.	N	FRECUENCIA ESPACIAL				
		1.5 C/G	3 C/G	6 C/G	12 C/G	18 C/G
0,4	2	52	64	33	11	4,0
0,5	14	32	60	32	17	5,8
0,6	27	47	92	75	29	8,7
0,8	155	45	93	84	41	13,6
1,0	322	50	103	114	67	21,4
1,2	536	52	110	128	80	27,3
TOTAL	1056	50	104	115	68	22,8

Para investigar la influencia de la agudeza visual sobre la media de la sensibilidad al contraste en el conjunto de las cinco frecuencias espaciales del test VCTS, hemos agrupado los valores de agudeza visual en tres categorías, de forma que establecemos un grupo con aquellos ojos que tienen una agudeza visual igual o menor de 0.6, que representan un 4%; otro grupo con los ojos que tienen agudeza visual de 0,8, que son un 15%, y el resto son aquellos ojos con buena agudeza visual es decir, con valor unidad o superior, en este grupo se encuentran el 81% de la población estudiada.

Aunque podríamos haber establecido sólo dos grupos de agudeza visual, los que alcanzan el valor unidad y los que no lo consiguen, hemos preferido establecer una categoría más para ver la influencia de la agudeza visual en distintos niveles. No se han establecido grupos inferiores a 0,6 ya que el número de individuos que presentan estos valores es pequeño.

En la tabla n ° 22 se muestran los datos obtenidos, en la que se aprecia como aumenta la media de la sensibilidad al contraste en todas las frecuencias espaciales, conforme mejoran los valores de agudeza visual considerados, siendo esta tendencia más llamativa a partir de los 6 ciclos/grado.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G *		3 C/G *		6 C/G *		12 C/G *		18 C/G *	
AGUDEZA V.	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
$\leq 0,6$	43	43	18,67	81	44,25	59	36,51	25	22,94	7,7	5,52
0.8	155	45	20,66	93	43,56	84	40,18	41	27,20	13,6	9,68
≥ 1	858	51	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25,1	12,92
TOTAL	1056	50	21,06	104	43,92	115	47,63	68	32,01	22,8	13,28

* $P < 0,01$

TABLA N° 22

El análisis de la varianza, realizado para cada una de las frecuencias espaciales, revela un efecto muy significativo de la agudeza visual sobre los resultados de la media de sensibilidad al contraste en las cinco frecuencias estudiadas con $p < 0,01$ en todos los casos.

El estudio de la correlación de Pearson entre los valores de sensibilidad al contraste y los resultados de agudeza visual revela igualmente una asociación entre estas dos variables en cada frecuencia espacial considerada, amentando los valores de correlación hacia la derecha.

TABLA N° 23

	SENSIBILIDAD AL CONTRASTE				
	1,5 C/G	3 C/G	6 C/G	12 C/G	18 C/G
AGUDEZA V.	0,12	0,17	0,38	0,48	0,42

N = 1056 En todos los casos $P < 0,01$

Estos resultados nos llevan a tomar la decisión de no incluir, en los análisis posteriores relativos al efecto de otras variables sobre la sensibilidad al contraste, aquellos ojos con agudezas visuales inferiores a uno, para que los grupos estudiados sean homogéneos y poder asegurar que el factor que se investiga en cada caso es el que provoca diferencias en la media.

Por este motivo, la población de ojos utilizada en los siguientes análisis de sensibilidad al contraste son 858 ojos en lugar de los 1056 anteriores.

5.2.2. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN EL CONJUNTO DE FRECUENCIAS ESPACIALES, DISTRIBUCIÓN EN LA POBLACIÓN SELECCIONADA

Es preciso que antes de continuar con el análisis de los factores de influencia, describamos en la población de estudio con agudeza visual igual o mayor a uno, y por lo tanto con una imagen retiniana nítida, cómo se distribuye la sensibilidad al contraste en el conjunto de las cinco frecuencias espaciales.

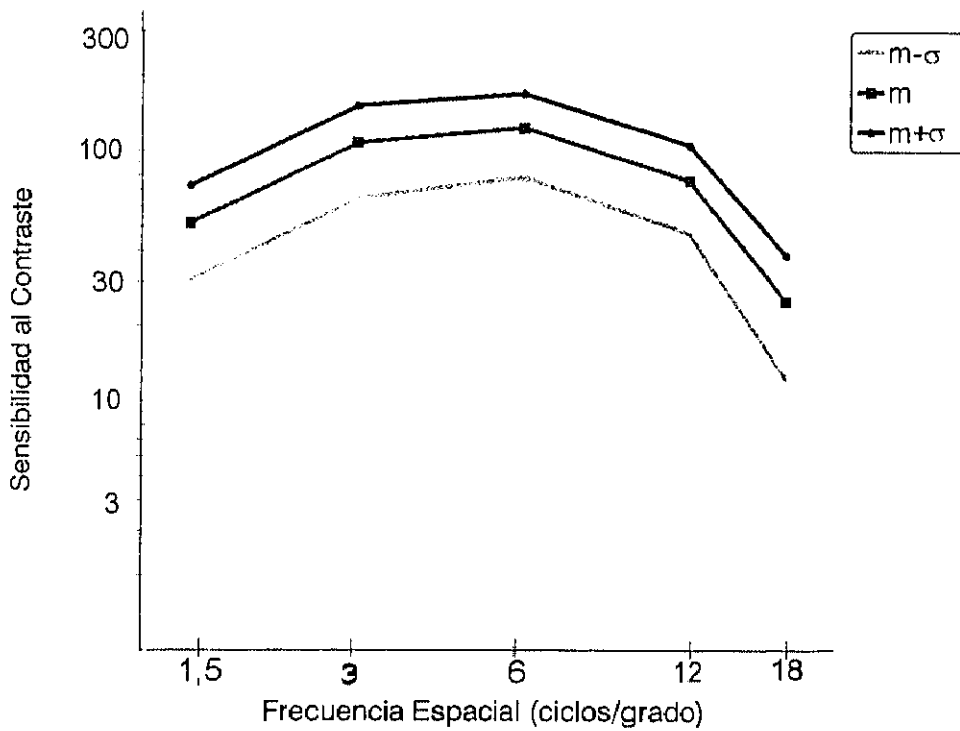
Los valores de la media de sensibilidad al contraste y una vez la desviación estándar a cada lado de la media se exponen en la siguiente tabla para cada una de las frecuencias espaciales. Y asimismo se representa gráficamente la función de sensibilidad al contraste (C.S.F.) para esta población (gráfica nº 2).

TABLA N° 24

	MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE				
	1,5 C/G	3 C/G	6 C/G	12 C/G	18 C/G
$m - \sigma$	30,44	64,55	78,29	46,59	12,26
MEDIA	51,5	107,8	123,5	75,5	25
$m + \sigma$	72,62	151,19	168,88	104,36	38,11

N = 858

GRÁFICA N° 2



A continuación se describen los porcentajes, medidas de centralización y dispersión referentes a la sensibilidad al contraste, obtenidas para cada una de las frecuencias espaciales, en este grupo de estudio con agudeza visual igual o superior a uno, y cuando sea necesario se compararán estos valores con los resultados obtenidos por el total de la población, los cuales ya han sido expuestos en el capítulo anterior

En cuanto a las desviaciones estándar encontradas para todas las frecuencias espaciales, éstas son amplias como corresponde a la variabilidad interindividual, que ha sido hallada, igualmente, por otros autores.

FRECUENCIA ESPACIAL 1,5 CICLOS/GRADO

Los porcentajes correspondientes a los distintos valores de sensibilidad al contraste son muy parecidos a los encontrados cuando se considera el total de la población, independientemente de su valor de agudeza visual. Asimismo las medidas de centralización y dispersión también son similares, excepto en el mínimo que antes era de 12 para un sólo ojo y en este caso es de 20.

En la siguiente tabla se presentan los resultados.

TABLA N° 25

	VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE			
	20	35	70	120
N	23	454	357	24
%	2,7	52,9	41,6	2,8

N = 858

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
120	20	100	35,00	35,00
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
51,53	0,72	21,09	72,62	30,44

FRECUENCIA ESPACIAL 3 CICLOS/GRADO

La media presenta un valor de 107,8 que es ligeramente superior al de 104,6 encontrado para el total de la población. La desviación estándar se mantiene en la misma cantidad.

Los datos estadísticos de la mediana y la moda son los mismos, tanto para esta frecuencia espacial como para las siguientes, que los obtenidos para el total de la población independientemente de sus valores de agudeza visual.

El valor mínimo de sensibilidad al contraste se establece en 44, es decir en este caso todos los individuos pueden distinguir las franjas hasta el disco número cinco, uno más que anteriormente. Además, también disminuye el porcentaje de los ojos que sólo alcanzan a distinguir éste último disco. Por otra parte, para los siguientes valores los porcentajes aumentan ligeramente.

TABLA N° 26

	VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE		
	44	85	170
N	74	518	266
%	8,62	60,37	31

N = 858

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
170	44	126	85,00	85,00
Media	Error M.	D. Estándar	m σ	m - σ
107,8	1,47	43,32	151,19	64,55

FRECUENCIA ESPACIAL 6 CICLOS/GRADO

En la población de estudio, con agudeza visual igual o superior a uno, la distribución de los valores de sensibilidad al contraste obtenidos en esta frecuencia espacial de 6 c/g, así como en las frecuencias que comentaremos después de 12 y 18 c/g, es diferente de la presentada por el conjunto de la población, debido al efecto que tiene la agudeza visual sobre la sensibilidad al contraste fundamentalmente en las frecuencias espaciales altas e intermedias, advirtiéndose un incremento de los porcentajes hacia mayores valores de sensibilidad al contraste.

En particular, para 6 c/g el valor mínimo se desplaza de 11 a 21, y además la proporción de individuos con este resultado y el siguiente de 45 disminuye en favor de los valores más altos.

El pico de máxima sensibilidad se produce para esta frecuencia espacial, con un valor medio de 123, que a diferencia de cuando se considera el total de la población, está un poco más alejado del valor medio de la frecuencia espacial de 3 ciclos/grado, con lo cual se discrimina mejor este máximo.

En la tabla que presentamos a continuación se exponen los resultados obtenidos.

TABLA N° 27

VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE					
	21	45	70	125	185
N	3	74	149	413	219
%	0,3	8,6	17,4	48,1	25,5

N = 858

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
185	21	164	125	125
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
123,5	1,54	45,29	168,88	78,29

FRECUENCIA ESPACIAL 12 CICLOS/GRADO

Aunque el mínimo sigue siendo el mismo, no lo es el porcentaje tanto para este valor como para los dos siguientes, que es bastante menor.

El valor medio ha pasado de 68 a 75 y la desviación estándar ha disminuido. EL 50% del grupo de estudio presenta como valor de sensibilidad al contraste el de 88 y un 25% alcanza el de 55.

TABLA N° 28

VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE							
	5	8	15	32	55	88	125
N	1	7	40	71	208	432	99
%	0,1	0,8	4,7	8,3	24,2	50,3	11,5

N = 858

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
125	5	120	88	88
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
75,48	0,98	28,88	104,36	46,59

FRECUECIA ESPACIAL 18 CICLOS/GRADO

El valor medio de sensibilidad al contraste es de 25, un poco superior al de 22 alcanzado por el conjunto total de los ojos explorados.

De la población seleccionada con buena agudeza visual, hay un 1,5% que sólo distingue las franjas del primer disco y un 6,4% que no pasa del segundo disco con una sensibilidad de 7. Los porcentajes obtenidos para estos valores y los dos siguientes son inferiores a los obtenidos para el total de la población, siendo superiores sin embargo, los correspondientes a los siguientes valores de sensibilidad al contraste 26, 40 y 65. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

TABLA N° 29

	VALORES DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE							
	4	7	10	15	26	40	65	90
N	13	55	92	172	272	238	15	1
%	1,5	6,4	10,7	20	31,7	27,7	1,7	0,1

N = 858

Máximo	Mínimo	Rango	Mediana	Moda
90	4	86	26	26
Media	Error M.	D. Estándar	m + σ	m - σ
25,19	0,44	12,92	38,11	12,26

5.2.3. CORRELACION ENTRE LAS SENSIBILIDADES AL CONTRASTE EN LAS DIFERENTES FRECUENCIAS ESPACIALES

A continuación hemos buscado en nuestra población de estudio las asociaciones entre los valores de sensibilidad al contraste obtenidos en las diferentes frecuencias espaciales, siendo estas muy significativas en todos los casos con $p < 0,01$.

Todas las correlaciones entre las distintas frecuencias son mayores que cero y las correlaciones entre frecuencias próximas son mayores que entre las distantes.

Las correlaciones también aumentan diagonalmente desde la frecuencia menor a la mayor.

TABLA N° 30

CICLOS/GRADO	1,5	3	6	12	18
1,5	1				
3	0,51	1			
6	0,42	0,58	1		
12	0,24	0,39	0,60	1	
18	0,21	0,29	0,48	0,62	1

N = 858 (Agudeza visual ≥ 1) En todos los casos $p < 0,01$

5.2.4. VARIABLES DE PERSONA Y SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

5.2.4.1. SEXO

En la tabla n° 31 se presentan los resultados de la media de sensibilidad al contraste obtenidos para cada una de las frecuencias espaciales en función del sexo.

El análisis de la varianza es significativo sólo para la frecuencia espacial más baja (1,5 c/g) con $p < 0,01$, siendo mayores los valores de sensibilidad de los varones que los de las mujeres, aunque éstas presentan menor desviación estándar. Para las demás frecuencias espaciales las varianzas y las medias son similares para ambos sexos.

En un análisis que expondremos posteriormente comprobamos que las diferencias en sensibilidad al contraste debidas al sexo solamente se producen para los sujetos que no utilizan corrección, no existiendo estas diferencias en los usuarios de gafas o lentes de contacto.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL SEXO

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G *		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
SEXO	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
VARÓN	301	54	22,77	108	42,99	125	44,96	77	30,14	26	12,94
MUJER	557	49	19,94	107	43,53	122	45,45	74	28,16	24	12,90
TOTAL	858	51	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25	12,92

* $p < 0,01$

TABLA N° 31

5.2.4.2. EDAD

Aunque para el rango de edades de nuestra población de estudio la sensibilidad al contraste permanece estable, como se ha puesto de manifiesto por diferentes autores, nosotros hemos investigado su posible influencia, utilizando los cinco grupos de edad previamente establecidos, sin que se hayan encontrado diferencias significativas mediante un análisis de la varianza.

Sin embargo una revisión de los datos presentados en la tabla nº 32 nos indica que existe una disminución en la media de la sensibilidad al contraste en el rango de edades superior a 30 años para las frecuencias espaciales más bajas (1,5 y 3 c/g), sin que halla significación estadística en ello, mientras que para la frecuencias espaciales 6, 12 y 18 c/g los valores se mantienen similares en todas las edades.

Las desviaciones estándar para las tres primeras frecuencias espaciales son ligeramente inferiores para el grupo de edad mayor de 30 años, y parecidas al resto de los grupos de edad para las otras dos frecuencias.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DE LA EDAD

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
EDAD	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
≤ 19	229	53	22,92	109	44,57	120	47,53	75	30,38	25	14,14
20 - 24	542	51	20,50	108	43,07	125	44,18	76	27,98	25	12,24
25 - 29	66	50	20,10	104	43,96	120	47,43	71	30,80	25	14,16
≥ 30	21	44	16,97	89	29,53	119	42,00	78	30,03	24	12,81
TOTAL	858	51	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25	12,92

TABLA N° 32

5.2.4.3. ANTECEDENTES FAMILIARES DE GLAUCOMA

En la población de estudio solamente un 3% tiene algún familiar con glaucoma. La influencia de este factor sobre la media de la sensibilidad al contraste del conjunto de las frecuencias espaciales se investiga mediante un Anova, con los resultados de significación al nivel de $p < 0,05$ para las frecuencias espaciales de 6 y 12 ciclos/grado.

En estas frecuencias los valores medios de sensibilidad al contraste de las personas con antecedentes familiares de glaucoma son inferiores a los encontrados para los que no tienen estos antecedentes. En las frecuencias de 3 y 18 c/g las medias y las desviaciones estándar son similares en las dos situaciones. Sin embargo para 1,5 ciclos/grado la media de sensibilidad al contraste es mayor para los que presentan antecedentes familiares con glaucoma sin que exista significación en ello.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DE LOS ANTECEDENTES FAMILIARES DE GLAUCOMA

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G		6 C/G **		12 C/G **		18 C/G	
F. GLAUCOMA	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
SI	26	59	24,78	106	45,12	106	47,03	61	33,87	25	15,23
NO	832	51	20,93	107	43,29	124	45,15	75	28,63	25	12,85
TOTAL	858	51	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25	12,92

** P < 0,05

TABLA N° 33

5.2.5. ASOCIACIÓN DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y OTROS PARÁMETROS VISUALES

5.2.5.1. ESTADO REFRACTIVO

Para investigar el efecto del estado refractivo sobre la sensibilidad al contraste se establecen cuatro grupos de refracción de forma que las ametropías leves tanto miopías como hipermetropías inferiores a 2,00 dioptrías se engloban en un sólo grupo que llamamos emétrope a efectos de operatividad y para facilitar el análisis. Los otros grupos permanecen igual que se habían establecido anteriormente.

El examen de la sensibilidad al contraste en los distintos estados refractivos se ha realizado llevando el sujeto su compensación habitual, que en esta población que se analiza le permitía llegar a la agudeza visual unidad.

Como se expone en la tabla nº 34 los mejores valores medios de sensibilidad al contraste corresponden principalmente al grupo de emetropía y ametropía leve y en algunas frecuencias espaciales al grupo de hipermetropía que además presenta valores superiores a los miopes medios y altos. Entre estos últimos los que tienen valores medios de sensibilidad al contraste ligeramente inferiores son los miopes altos, aunque para las frecuencia altas las

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL ESTADO REFRACTIVO

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G		6 C/G *		12 C/G *		18 C/G *	
REFRACCIÓN	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
MIOPE ALTO	24	44	16,93	90	33,61	98	43,70	62	30,98	19	12,12
MIOPE MEDIO	92	48	20,77	105	42,96	103	42,23	59	29,24	19	11,92
EMÉTROPE	733	52	21,25	108	43,48	126	44,89	77	28,22	26	12,87
HIPERMÉTROPE	9	58	17,50	118	50,80	120	44,79	80	14,55	21	10,30
TOTAL	858	51	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25	12,92

* $P < 0,01$

diferencias entre los valores medios del miope alto y el miope medio son muy pequeñas.

Para las frecuencias espaciales intermedias y altas (6, 12, y 18 c/g) la refracción es un factor con influencia sobre la media de la sensibilidad al contraste con una significación al nivel de $p < 0,01$. Sin embargo, para las frecuencias bajas de 1,5 y 3 ciclos/grado no existe significación en el efecto de la refracción como cabía esperar.

En relación al sexo queremos conocer si existen diferencias significativas en la media de sensibilidad al contraste de varones y mujeres en los distintos estados refractivos. Por lo tanto, se ha realizado un análisis de la varianza para dos factores .

Los resultados del estudio muestran que para la frecuencia espacial de 6, 12 y 18 ciclos/grado existe significación solamente para la refracción y no para el sexo o la interacción. Para la frecuencia espacial 1,5 y 3 c/g no existe significación para ninguna de las variables.

En la tabla n° 35 se exponen los resultados de la media de sensibilidad al contraste y desviación estándar para varones y mujeres en cada una de las frecuencias espaciales.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL ESTADO REFRACTIVO Y SEXO

			FRECUENCIA ESPACIAL																			
			1,5 C/G		3 C/G		6 C/G *		12 C/G *		18 C/G *											
			N		Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer								
REFRACCIÓN	V	M	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ								
MIOPE ALTO	3	21	46	20	44	16	85	0,0	91	35	71	46	102	43	42	41	65	29	9	1,7	20	12
MIOPE MEDIO	28	64	46	22	49	20	103	45	105	41	105	44	102	41	57	32	60	27	19	13	19	11
EMÉTROPE	266	467	55	22	50	20	109	42	108	43	129	44	125	45	79	29	76	27	26	12	25	12
HIPERMÉTROPE	4	5	70	00	49	19	106	42	127	59	97	31	138	48	79	16	81	14	20	6,3	21	13

* P < 0,01 Para el factor refracción.

En la tabla anterior también podemos observar que tanto para el grupo de miopes medios como para el de emétopes y amétopes leves los valores de sensibilidad al contraste obtenidos para hombres y mujeres son similares.

Aunque en el grupo de miopía alta, para las frecuencias intermedias y altas, la mujer presenta mejores valores medios de sensibilidad al contraste que los varones, incrementandose esta diferencia conforme aumenta la frecuencia espacial, hay que tener en cuenta que en el grupo de hombres los miopes altos sólo son un 1%, seguramente porcentaje insuficiente para representar los valores medios de este colectivo.

El grupo de los hipermétropes tanto para varones como para mujeres tiene escaso número de ojos, por lo que las diferencias que pudieran existir entre sexos no serían representativas de un colectivo amplio.

Una de las características del estado refractivo ocular es la presencia o no de astigmatismo, es decir la incapacidad del sistema óptico de formar un solo punto imagen de un punto objeto. En nuestro grupo de estudio un 20% de individuos presenta un componente cilíndrico en su refracción mayor de 0,25 dioptrías.

En la siguiente tabla se exponen los resultados del estudio de la influencia del astigmatismo sobre la media de la sensibilidad al contraste. El análisis de la varianza encuentra diferencias significativas para los valores de las frecuencias espaciales 12 y 18 ciclos/grado con p valores menores de 0,05 en el primer caso y de 0,01 en el segundo, los resultados obtenidos son mejores para el grupo que no presenta astigmatismo.

Para las tres primeras frecuencias espaciales, tanto los valores de la media de sensibilidad al contraste como los de la varianza son parecidos.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DE LA EXISTENCIA DE ASTIGMATISMO

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G		6 C/G		12 C/G **		18 C/G *	
ASTIGMATISMO	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
SI	167	51	20,78	107	44,46	121	47,60	70	31,52	21	10,44
NO	691	51	21,17	107	43,07	124	44,73	76	28,12	26	13,26
TOTAL	858	51	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25	12,92

* $P < 0,01$

** $P < 0,05$

TABLA N° 36

5.2.5.2. TIPO DE CORRECCIÓN ÓPTICA

En la población seleccionada la distribución por el tipo de compensación es equivalente a la de la población total del estudio. El porcentaje que lleva algún tipo de corrección en este colectivo seleccionado representa el 39%. Entre los varones este porcentaje es del 34%, mientras que para las mujeres es mayor, con un 41,5% entre usuarias de gafas y lentes de contacto. Además la proporción de mujeres que utilizan lentes de contacto es superior a la frecuencia que presentan los hombres.

Mediante un análisis de la varianza se investiga el efecto del tipo de corrección sobre la media de la sensibilidad al contraste para cada una de las frecuencias espaciales. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla nº 37.

Para las frecuencias espaciales intermedias y altas (6, 12 y 18 ciclos/grado) el efecto de la corrección es significativo con $p < 0,01$. En los tres casos la mayor sensibilidad al contraste corresponde a los que no utilizan ningún tipo de compensación, ésta disminuye ligeramente para los que llevan gafas y empeora para los usuarios de lentes de contacto que presentan las mayores diferencias respecto de los emétopes en las frecuencias 6 y 12 c/g.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CORRECCIÓN ÓPTICA

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G		6 C/G *		12 C/G *		18 C/G *	
CORRECCIÓN	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
NADA	524	52	21,0	109	44,2	128	44,0	80	26,2	27	12,9
GAFAS	219	50	21,2	106	42,8	123	46,6	73	31,0	23	12,2
L. CONTACTO	115	50	20,8	102	39,6	102	42,5	56	28,1	19	11,7
TOTAL	858	51	21,0	107	43,3	123	45,2	75	28,8	25	12,9

* $P < 0,01$

TABLA N° 37

Para las frecuencias espaciales bajas (1,5 y 3 c/g) los resultados obtenidos en las tres categorías son similares, y no existe una influencia significativa de la compensación, aunque los individuos que no utilizan corrección óptica presentan unos valores medios ligeramente superiores.

Posteriormente y para valorar epidemiológicamente si hay diferencias por sexos en la sensibilidad al contraste de los sujetos en cada grupo de compensación, se ha realizado un análisis de la varianza para cada frecuencia espacial en los tres casos.

Primero se ha estudiado la influencia del sexo sobre la sensibilidad al contraste en la población que no utiliza compensación y que alcanza agudeza visual uno.

En la tabla nº 38 se observa que los valores de sensibilidad al contraste que presentan los varones sin compensar son ligeramente superiores a los de las mujeres de su mismo grupo. Según el análisis de la varianza estas diferencias sólo son significativas para la frecuencia espacial más baja con $p < 0,01$. Para 18 c/g los valores obtenidos por hombres y mujeres son exactamente iguales.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN LOS SUJETOS SIN CORREGIR SEGÚN EL SEXO

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G *		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
SEXO	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
VARÓN	198	56	23,22	113	44,99	132	44,03	82	27,63	27	12,96
MUJER	326	49	19,171	107	43,71	125	43,94	79	25,39	27	12,89
TOTAL	524	52	21,07	109	44,23	128	44,04	80	26,26	27	12,91

* $P < 0,01$

TABLA N° 38

A continuación se explora el efecto del sexo sobre la sensibilidad al contraste, para cada frecuencia espacial, en los usuarios de gafas.

Los resultados obtenidos no son significativos para ninguna de las frecuencias cuando se realiza la prueba de la comparación de las varianzas. De la inspección de los datos expuestos en la tabla nº 39 se observa que estos son similares para hombres y mujeres.

Por último se realiza el estudio en el grupo de usuarios de lentes de contacto, donde tampoco se encuentran diferencias significativas en los valores de sensibilidad al contraste presentados por ambos sexos en cada una de las frecuencias espaciales, como se expone en la tabla nº 40.

Finalmente nos ha interesado evaluar si el tipo de lente de contacto podría influir sobre la sensibilidad al contraste. Su análisis mediante la prueba de anova para cada una de las frecuencias espaciales no halla significación para ninguna ellas, y los resultados obtenidos son parecidos tanto para los portadores de lentes de contacto duras, como para los que utilizan lentes de contacto permeables y blandas (tabla nº 41).

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN LOS USUARIOS DE GAFAS SEGÚN EL SEXO

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
SEXO	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
VARÓN	79	50	19,96	99	37,87	116	44,22	72	30,93	22	11,54
MUJER	140	51	22,04	110	45,08	127	47,72	73	31,18	23	12,72
TOTAL	219	51	21,27	106	42,85	123	46,65	73	31,02	23	12,29

TABLA N° 39

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN LOS USUARIOS DE LENTES DE CONTACTO SEGÚN EL SEXO

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
SEXO	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
VARÓN	24	52	26,25	101	37,10	104	44,67	52	34,09	21	14,59
MUJER	91	50	19,38	103	40,46	102	42,17	57	26,45	18	10,90
TOTAL	115	50	20,89	102	39,64	102	42,52	56	28,13	19	11,78

TABLA N° 40

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL TIPO DE LENTES DE CONTACTO

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
L. CONTACTO	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
DURAS	8	48	18,11	106	39,34	94	33,74	58	22,97	16	11,41
PERMEABLES	20	50	18,84	106	37,76	90	41,65	54	28,21	17	10,89
BLANDAS	87	50	21,74	101	40,45	106	43,19	57	28,77	19	12,05
TOTAL	115	50	20,89	102	39,64	102	42,52	56	28,13	19	11,78

TABLA N° 41

5.2.6. RELACIÓN DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y HÁBITOS DE INTERÉS SANITARIO

5.2.6.1. HÁBITO DE FUMAR

Se ha indagado sobre la posible influencia del hábito de fumar sobre la sensibilidad al contraste realizando un análisis de la varianza para cada una de las frecuencias espaciales. Como se puede ver en la tabla n° 42 solamente para la frecuencia espacial más baja (1,5 ciclos/grado) existe significación con $p < 0,01$, es decir los sujetos que no tienen el hábito de fumar presentan mejores valores de sensibilidad al contraste que los que tienen el hábito.

Para las demás frecuencias espaciales los no fumadores siguen obteniendo mejores valores medios de sensibilidad al contraste, aunque las diferencias se van atenuando conforme aumenta la frecuencia espacial explorada.

Entre los fumadores las diferencias en sensibilidad al contraste son menores, y esto se produce para todas las frecuencias espaciales.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL HÁBITO DE FUMAR

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G *		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
HÁBITO FUMAR	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
NADA	487	54	20,78	111	44,62	126	45,34	77	29,15	26	13,27
POCO	165	48	22,11	103	41,84	120	47,58	72	28,69	24	12,47
MUCHO	185	47	20,58	103	40,36	119	42,47	72	26,85	23	12,39
MUCHÍSIMO	21	48	17,41	103	45,42	111	47,49	72	37,78	23	12,26
TOTAL	858	51	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25	12,92

* P < 0,01

5.2.6.2._CONSUMO DE BEBIDAS CON CAFEÍNA

A continuación presentamos los resultados obtenidos en la búsqueda de significación del efecto del consumo de bebidas con posible efecto estimulante, debido a su contenido en cafeína.

Solamente para la frecuencia espacial de 3 ciclos/grado el análisis de la varianza tiene significación al nivel de $p < 0,05$, siendo la sensibilidad al contraste superior en los sujetos que no consumen más de tres bebidas con cafeína al día.

Para el resto de las frecuencias espaciales, tanto los valores de la media como la desviación estándar de la sensibilidad al contraste son similares, como se puede apreciar en la tabla nº 43.

También hemos investigado la influencia que el hábito de fumar unido al mayor consumo de cafeína pudiera tener sobre la sensibilidad al contraste. Mientras que para las frecuencias espaciales intermedias y altas no se puede demostrar que exista influencia, si existe significación ($p < 0,05$) para las frecuencias de 1,5 y 3 ciclos/grado, en las que se observan mejores valores para los que no presentan los dos hábitos simultáneamente (tabla nº 44).

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL CONSUMO DE CAFEINA

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G		3 C/G **		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
C. CAFEINA	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
SI	275	49	21,94	103	40,81	120	42,87	74	27,56	24	11,76
NO	583	52	20,63	110	44,30	125	46,33	75	29,50	25	13,43
TOTAL	858	51	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25	12,92

** P < 0,05

TABLA N° 43

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL CONSUMO DE TABACO Y CAFEINA

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G **		3 C/G **		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
H.F. y C.	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
SI	213	49	22,87	99	40,00	114	44,46	68	31,09	22	12,19
NO	519	52	21,56	108	45,89	117	49,22	69	33,43	23	13,91
TOTAL	732	51	22,00	105	44,39	116	47,89	69	32,74	22	13,42

** P < 0,05

TABLA N° 44

5.3. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES EPIDEMIOLÓGICAS SOBRE LA PRESIÓN INTRAOCULAR

Para cada variable se ha realizado un análisis de la varianza, que nos permite comparar indirectamente las medias entre grupos, para conocer si existen diferencias significativas en los valores medios de P.I.O. que presenta el total de la población al margen de los valores de su agudeza visual, es decir 1056 ojos.

Asimismo se ha investigado la distribución de las mismas en relación con niveles de P.I.O debido su interés epidemiológico. Para ello, hemos clasificado los resultados obtenidos frente a las distintas categorías de cada variable, en un grupo de hasta 20 mm Hg y en otro grupo por encima de esta cifra, pues aunque se puede seguir considerando normal, a efectos de screening podría ser ya, esta última, una cifra de alerta en el seguimiento de la población. Por este motivo además de referir el análisis de la varianza también presentamos los resultados de la búsqueda de significaciones y de la distribución de nuestro estudio en relación con estos grupos de P.I.O.

Las variables investigadas son las que a continuación se exponen.

5.3.1. VARIABLES DE PERSONA Y PRESIÓN INTRAOCULAR

5.3.1.1. SEXO

En el análisis de la varianza de la presión intraocular entre varones y mujeres no se encuentran diferencias significativas. Los resultados se exponen en la siguiente tabla.

TABLA N° 45

SEXO	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
VARON	356	15,9	2,81	0,14
MUJER	700	15,6	2,60	0,09
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA F = 2,62 P NS

En el total de la población el porcentaje de personas que presentan una P.I.O. menor de 21 mm Hg., un 93,6%, es muy superior a la proporción de individuos con P.I.O. mayor o igual a 21 mm Hg.

En relación a la distribución del sexo en los dos grupos de P.I.O., la proporción de mujeres con P.I.O. inferior a 21 mm Hg. es ligeramente superior al porcentaje encontrado para los hombres, que tienen un 8% de individuos con valores superiores a 20 mm Hg.

Cuando se estudia la asociación de estas dos variables con la prueba de χ^2 , no se encuentra significación.

TABLA N° 46

P.I.O.	SEXO			
	VARÓN		MUJER	
	N	%	N	%
< 21 mm Hg.	327	91,85	662	94,57
≥ 21 mm Hg.	29	8,15	38	5,43
TOTAL	356	100	700	100

$\chi^2 = 1,53$ P NS

5.3.1.2. EDAD

En nuestro estudio no se puede demostrar una influencia significativa de la edad sobre la presión intraocular mediante el estudio de la comparación de las varianzas. Aunque se observa un aumento de la desviación estándar para edades superiores a 24 años.

TABLA N° 47

EDAD	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
≤ 19	300	15,9	2,62	0,15
20 - 24	654	15,6	2,60	0,10
25 - 29	74	16,1	3,25	0,37
≥ 30	28	16,1	2,99	0,56
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA

F = 1,57

P NS

Asumiendo de entrada la abundante literatura respecto a la no significación en lo que se refiere al rango de edades de la población estudiada, el análisis de la varianza de la P.I.O. para edad y sexo no encuentra diferencias significativas para ninguno de los factores.

En la siguiente tabla se observa la distribución de la población en función de la edad y los dos grupos de P.I.O. En ella se aprecia que para el rango de edades superiores a 24 años hay un incremento en la proporción de individuos con presiones elevadas en relación con los grupos de menor edad

El estudio de la asociación de la edad y la P.I.O, en los dos niveles límite establecidos, mediante el test de la χ^2 revela una significación con $p < 0,05$.

TABLA N° 48

P.I.O.	EDAD							
	< 19		20 - 24		25-29		> 30	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<21 mm Hg.	282	94	618	94,5	64	86,4	25	89,2
≥ 21 mm Hg.	18	6	36	5,5	10	13,5	3	10,7
TOTAL	300	100	654	100	74	100	28	100

$$\chi^2 = 8,13 \quad P < 0,05$$

5.3.1.3. ANTECEDENTE FAMILIAR DE GLAUCOMA

Conocida la influencia genética que existe sobre la P.I.O, como ya se ha comentado en el capítulo de consideraciones actuales, se procede a investigar el efecto de la circunstancia de tener algún familiar directo con glaucoma sobre la P.I.O. de nuestra población, no encontrándose diferencias significativas en el análisis de la varianza, aunque existe una mayor dispersión en los resultados de las personas que si tienen antecedentes familiares de glaucoma.

En la siguiente tabla se exponen los resultados obtenidos.

TABLA N° 49

F. GLAUCOMA	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
SI	38	16,0	3,01	0,48
NO	1018	15,7	2,66	0,08
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA

F = 0,47

P NS

Cuando se divide la población en los grupos de P.I.O. mayor de 20 mm Hg. y los que presentan valores considerados normales, tampoco se encuentran diferencias significativas para antecedentes familiares de glaucoma cuando se procede a su análisis mediante la prueba de χ^2 .

Aunque, como se expone en la siguiente tabla, cuando existen antecedentes familiares de glaucoma, el porcentaje de personas con P.I.O. elevada es superior al que presenta el grupo de población sin esta condición.

TABLA N° 50

P.I.O.	ANTECEDENTE FAMILIAR DE GLAUCOMA			
	SI		NO	
	N	%	N	%
< 21 mm Hg.	33	86,84	956	93,90
≥ 21 mm Hg.	5	13,15	62	6,10
TOTAL	38	100	1018	100

5.3.2. ASOCIACIÓN DE PRESIÓN INTRAOCULAR Y PARÁMETROS VISUALES

5.3.2.1. AGUDEZA VISUAL

Los valores de agudeza visual se han agrupado en las siguientes categorías según el grado de visión; igual o superior a uno, 0,8, y menor o igual a 0,6. Estos grupos son los mismos que se han establecido para el análisis del efecto de la agudeza visual sobre la sensibilidad al contraste.

El análisis de la varianza no ha encontrado diferencias significativas.

TABLA N° 51

AGUDEZA V.	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
$\leq 0,6$	43	15,4	2,06	0,31
0,8	155	16,1	2,85	0,22
≥ 1	858	15,7	2,66	0,09
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA

F = 1,96

P NS

La distribución de la población estudiada, en función de sus valores de agudeza visual, se presenta para los dos grupos límite de P.I.O. en la siguiente tabla.

El estudio de la asociación mediante la prueba de χ^2 no revela significación.

Sin embargo, podemos destacar que en el grupo de los individuos que presentan agudezas inferiores o iguales a 0,6 que representan sólo un 4% del total, no existe ninguno con P.I.O. superior a 20 mm Hg. En los demás grupos las proporciones en los dos grupos de P.I.O. son similares.

TABLA N° 52

	AGUDEZA VISUAL					
	<= 0,6		0,8		≥ 1	
P.I.O.	N	%	N	%	N	%
<21 mm Hg.	43	100	142	91,6	804	93,7
≥ 21 mm Hg.	0	0	13	8,4	54	6,3
TOTAL	43	100	155	100	858	100

$$\chi^2 = 4,0$$

P NS

5.3.2.2. ESTADO REFRACTIVO

El estado refractivo se ha investigado numerosas veces por distintos autores como un factor de influencia sobre la P.I.O., siendo controvertidos los diferentes informes.

Nosotros hemos establecido cuatro grupos de refracción en función del tipo de ametropía, abarcando el grupo emétrope tanto a los que presentan ésta condición de normalidad, como aquellos casos de ametropías leves. Mediante un Anova hemos examinado el efecto de la refracción en nuestra población de estudio, no evidenciándose una influencia significativa sobre la media de la presión intraocular.

TABLA N° 53

REFRACCIÓN	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
MIOPE ALTO	48	15,6	2,67	0,38
MIOPE MEDIO	145	16,0	2,59	0,21
EMÉTROPE	846	15,7	2,69	0,093
HIPERMÉTROPE	17	15,9	2,30	0,55
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA

F = 0,78

P NS

Cuando valoramos la P.I.O. en relación con el estado refractivo presentado por cada uno de los sexos, las medias que mayores diferencias presentan, corresponden al grupo hipermetrope, con un valor de 17 mm Hg para los varones y de 15 para las mujeres. Sin embargo el número de ojos hipermetropes explorados de esta categoria de refracción es muy escaso como es habitual en población adulta joven.

El análisis de la varianza para dos factores ha encontrado diferencias significativas con $p < 0,05$ para el sexo, pero no para la refracción ni tampoco para la interacción.

TABLA N° 54

REFRACCIÓN	PRESIÓN INTRAOCULAR					
	VARÓN			MUJER		
	N	MEDIA	D. E.	N	MEDIA	D. E.
MIOPE ALTO	12	16,8	2,66	36	15,3	2,61
MIOPE MEDIO	39	15,9	2,86	106	16,1	2,49
EMÉTROPE	298	15,8	2,82	548	15,6	2,62
HIPERMÉTROPE	7	17,2	1,82	10	15	2,21
TOTAL	356	15,9	2,81	700	15,6	2,60

En relación a la distribución de la población en los dos niveles de P.I.O. El porcentaje de individuos con P.I.O. < 21 mm Hg y P.I.O. ≥ 21 mm Hg es similar en los distintos grupos de refracción establecidos como se expone en la siguiente tabla, aunque es de destacar que ningún hipermetrope presenta valores de P.I.O. elevados. El test de la χ^2 no encuentra ninguna diferencia significativa.

TABLA N° 55

P.I.O.	ESTADO REFRACTIVO							
	MIOPE ALTO		MIOPE MEDIO		EMÉTROPE		HIPERMÉTROP	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<21 mm Hg.	45	93,75	136	93,80	791	93,50	17	100
≥ 21 mm Hg.	3	6,25	9	6,20	55	6,50	0	0
TOTAL	48	100	145	100	846	100	17	100

$$\chi^2 = 1,12$$

P NS

También se ha investigado la influencia del astigmatismo sobre la P.I.O., no encontrándose ninguna diferencia significativa entre los sujetos que presentan la condición y los que no la presentan

TABLA N° 56

ASTIGMATISMO	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
SI	256	15,8	2,62	0,16
NO	800	15,7	2,69	0,09
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA

F = 0,03

P NS

5.3.2.3. TIPO DE CORRECCIÓN ÓPTICA

Primero se procede a investigar si el hecho de llevar compensación, que traduce una anomalía biométrica de los distintos componentes ópticos del ojo, es decir una ametropía, influye sobre la media de la presión intraocular. La prueba de anova no revela una significación estadística.

Posteriormente estudiamos si existen diferencias en la influencia del tipo de compensación sobre la presión intraocular, no encontrándose ninguna diferencia estadísticamente significativa mediante el análisis de la varianza.

TABLA N° 57

CORRECCIÓN	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
NADA	578	15,6	2,62	0,10
GAFAS	286	16,1	2,79	0,16
L. CONTACTO	192	15,6	2,60	0,18
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA

F = 2,94

P NS

Cuando se divide la población de estudio en los dos grupos de P.I.O. y en función del tipo de compensación (tabla n° 58), la búsqueda de significación mediante el test de la χ^2 es negativa.

La distribución en función de la P.I.O. es similar tanto para los que van sin compensar como para los que utilizan gafas o lentes de contacto como se puede observar en la siguiente tabla, aunque el porcentaje con P.I.O. elevada entre los usuarios de gafas es ligeramente superior.

TABLA N° 58

P.I.O.	TIPO DE CORRECCIÓN ÓPTICA					
	NADA		GAFAS		L. CONTACTO	
	N	%	N	%	N	%
<21 mm Hg.	545	94,3	262	91,60	182	94,80
≥ 21 mm Hg.	33	5,70	24	8,40	10	5,20
TOTAL	578	100	286	100	192	100

$$\chi^2 = 2,82$$

P NS

Para poner de manifiesto el hecho de que hubiera diferencias entre las varianzas de la P.I.O. en los usuarios de distintos tipos de lentes de contacto se hizo un Anova, encontrándose diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,05$.

Se observa una mayor dispersión en los sujetos portadores de lentes de contacto duros, que además presentan mayores valores de P.I.O., y una menor dispersión en los que usan lentes de contacto blandos.

TABLA N° 59

L. CONTACTO	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		media	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
DURAS	16	17,1	3,66	0,91
PERMEABLES	36	16,0	2,68	0,44
BLANDAS	140	15,4	2,39	0,20
TOTAL	192	15,6	2,60	0,18

ANOVA $F = 3,49$ $P < 0,05$

5.3.3. RELACIÓN DE PRESIÓN INTRAOCULAR Y HÁBITOS DE INTERÉS SANITARIO

5.3.3.1. HÁBITO DE FUMAR

Considerando el interés sanitario que tiene el hábito de fumar, investigamos su posible influencia en los valores de P.I.O. de nuestra población de estudio teniendo en cuenta el número de cigarrillos que se fuma al día, cuantificados como se ha comentado en el capítulo de descripción. Mediante el análisis de la varianza no se ha podido demostrar un efecto significativo. Las medias obtenidas son muy similares en todos los casos, como se puede observar en la siguiente tabla.

TABLA N° 60

H. FUMAR	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
NADA	629	15,7	2,60	0,10
POCO	197	15,6	2,87	0,20
MUCHO	204	16,0	2,73	0,19
MUCHÍSIMO	26	15,8	2,24	0,44
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA

F = 0,99

P NS

Los individuos que tiene el hábito de fumar y los que no lo tienen presentan una distribución similar en sus proporciones en los dos grupos de P.I.O de la tabla siguiente. No pudiendo demostrar el test de la χ^2 que existan diferencias significativas.

TABLA N° 61

P.I.O.	HÁBITO DE FUMAR			
	SI		NO	
	N	%	N	%
<21 mm Hg.	397	92,97	592	94,12
≥21 mm Hg.	30	7,02	37	5,88
TOTAL	427	100	629	100

$$\chi^2 = 0,52 \quad P \text{ NS}$$

5.3.3.2. CONSUMO DE CAFEINA

En nuestro estudio no se puede demostrar una influencia significativa del consumo de bebidas como café y coca-cola sobre la presión intraocular mediante el análisis de la varianza .

Los valores de desviación estándar y de media son muy parecidos, tanto en los sujetos que tienen el hábito de consumir bebidas "estimulantes" como en los que no lo tienen. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

TABLA N° 62

C. CAFEINA	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
SI	323	15,8	2,69	0,15
NO	733	15,7	2,66	0,98
TOTAL	1056	15,7	2,67	0,08

ANOVA

F = 0,09

P NS

La distribución de las personas que presentan este hábito de consumo y las que no lo tienen, entre los que alcanzan valores de P.I.O. menores de 21 mm de Hg y los que tienen valores superiores, es similar, como se observa en la siguiente tabla

Cuando se analiza mediante un test de χ^2 no se encuentran diferencias significativas.

TABLA N° 63

P.I.O.	CONSUMO DE CAFEINA			
	SI		NO	
	N	%	N	%
<21 mm Hg.	304	94,12	685	93,45
≥ 21 mm Hg.	19	5,88	48	6,55
TOTAL	323	100	733	100

$$\chi^2 = 0,21 \quad P \text{ NS}$$

Aunque el consumo de tabaco y de bebidas con cafeína, cada una por separado no tienen influencia significativa sobre la P.I.O, hemos buscado si la conjunción de estos dos hábitos pueden influir en ella.

Para comprobarlo realizamos un análisis de la varianza, que sin embargo, no ha demostrado que exista influencia.

TABLA N° 64

F. y B.	N	PRESIÓN INTRAOCULAR		
		MEDIA	D ESTÁNDAR	E. MEDIA
SI	213	16,0	2,67	0,18
NO	519	15,8	2,58	0,11
TOTAL	732	15,8	2,60	0,09

ANOVA

F = 1,02

P NS

5.4. RELACIÓN ENTRE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y LA PRESIÓN INTRAOCULAR

Seguidamente relacionamos los resultados de sensibilidad al contraste y P.I.O. por el interés que su cruzamiento puede tener en aplicación a la atención de salud pública, pocos autores, salvo los estudios que relacionan sensibilidad al contraste y glaucoma, han procedido a su contraste, pero por los resultados que a continuación exponemos consideramos que tal exploración es de utilidad.

5.4.1. CORRELACION ENTRE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y LA PRESIÓN INTRAOCULAR

Para la población que presenta agudeza visual igual o superior a la unidad, los únicos valores de sensibilidad al contraste que tienen una correlación significativa con la P.I.O. son los correspondientes a la frecuencia espacial más baja, es decir la de 1,5 ciclos/grado. Los resultados obtenidos y el nivel de significación se muestran en la tabla nº 65, en la que también se puede observar que las correlaciones entre sensibilidad al contraste y P.I.O. disminuyen conforme aumenta la frecuencia espacial considerada.

TABLA N° 65

	SENSIBILIDAD AL CONTRASTE				
	1,5 C/G	3 C/G	6 C/G	12 C/G	18 C/G
P.I.O.	0,73**	0,45	0,02	0,01	0,01

N = 858

** P < 0,05

5.4.2. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN INTRAOCULAR.

A continuación se ha estudiado si presentar valores de P.I.O. por encima de 20 mm Hg o no presentarlos puede influir sobre la sensibilidad al contraste.

Para cada una de las frecuencias espaciales se realiza un análisis de la varianza en los dos grupos de P.I.O., encontrando significación estadística solamente para la frecuencia espacial más baja (1,5 ciclos/grado) con $p < 0,01$. En la cual, los mejores valores de sensibilidad al contraste corresponden a los ojos con P.I.O. por encima del límite de los 20 mm Hg.

En la frecuencia de 3 c/g también se mantiene la tendencia de presentar mejor sensibilidad al contraste los sujetos con P.I.O mayor de 20 mm Hg., aunque las diferencias no son estadísticamente significativas. Sin

embargo, en las frecuencias espaciales intermedias y altas, los dos grupos de P.I.O. presentan idénticos valores de sensibilidad.

Los resultados se exponen en la tabla n° 66.

Por último se ha investigado si existen diferencias significativas en las varianzas de sensibilidad al contraste presentadas en los dos grupos de P.I.O. cuando se diferencia entre hombres y mujeres.

Para la frecuencia espacial 1,5 c/g tanto el varón como la mujer con P.I.O. > 20 mm Hg. tienen mejores valores de sensibilidad al contraste que los de su mismo sexo, los cuales alcanzan valores de P.I.O. inferiores. En el análisis de la varianza para dos factores se ha encontrado significación en lo que se refiere al factor de P.I.O. con $p < 0,01$. Además, para esta frecuencia espacial, el hombre presenta mayor sensibilidad al contraste que la mujer en los dos grupos de presión intraocular considerados, siendo la significación para el factor sexo de $p < 0,05$ (tabla n° 67).

Para las demás frecuencias espaciales el análisis no revela diferencias significativas para ninguno de los factores.

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN INTRAOCULAR

		FRECUENCIA ESPACIAL									
		1,5 C/G *		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
PIO	N	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
PIO<21 mm Hg	804	51	21,0	107	43,40	123	45,44	75	29,08	25	13,04
PIO≥21 mm Hg	54	59	20,54	111	42,24	123	43,35	74	25,89	24	11,18
TOTAL	858	51,5	21,09	107	43,32	123	45,29	75	28,88	25	12,92

* $P < 0,01$

TABLA N° 66

MEDIA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE P.I.O. Y DEL SEXO

			FRECUENCIA ESPACIAL									
			1,5 C/G *		3 C/G		6 C/G		12 C/G		18 C/G	
N			Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer
PIO	V	M	χ σ	χ σ	χ σ	χ σ	χ σ	χ σ	χ σ	χ σ	χ σ	χ σ
PIO<21 mm Hg	281	523	53 22	49 20	108 42	107 43	126 44	122 46	77 29	74 28	26 12	24 13
PIO≥21 mm Hg	20	34	64 24	56 17	110 46	112 40	117 55	126 34	72 32	75 21	25 13	24 9

* P.I.O. = $P < 0,01$ Sexo = $P < 0,05$

TABLA N° 67

La mujer hipertensa en todas las frecuencias espaciales tiene mejor sensibilidad al contraste que la normotensa, aunque las diferencias son pequeñísimas y no son significativas. Esta circunstancia en el caso del hombre sólo se produce en las frecuencias 1,5 y 3 c/g.

VI- DISCUSIÓN

Vistos los resultados que hemos obtenido a continuación pasamos a valorarlos y compararlos con los publicados por otros autores en relación con los objetivos de nuestra investigación

6.1. VALORACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL, ESTADO REFRACTIVO Y HÁBITOS DE INTERÉS SANITARIO

En relación con el estudio descriptivo de los resultados obtenidos en lo que se refiere a la refracción, agudeza visual, y hábitos de interés sanitario de la población universitaria explorada, podemos decir que están dentro de lo esperable, a la vista de lo que expresan numerosos autores que seguidamente pasamos a comentar.

Respecto a la agudeza visual medida monocularmente, el valor medio obtenido con la corrección habitual ha sido mayor de uno (1,05), y no se ha determinado ningún valor inferior a 0,4, alcanzado agudeza visual unidad el 81,25% de la población.

Nuestros resultados coinciden con Bradley et al. (1991) que ha obtenido una agudeza visual más alta que la considerada estándar de unidad en 140 ojos de 70 adultos jóvenes, estudiantes del 2º y 3º año de la Escuela universitaria de Optometría de Indiana, y que es bastante

similar a otros estudios que han examinado una población adulta joven (Elliot, 1980; Elliot et al., 1990). Asimismo, Bradley et al. han confirmado que los adultos jóvenes miopes bien corregidos tienen agudezas monoculares significativamente mejores que la unidad.

Sanz et al. (1994) en 103 estudiantes universitarios de la Escuela de Óptica de Madrid, con edades desde 18 a 24 años y con un porcentaje de mujeres similar al nuestro, han encontrado una agudeza visual habitual monocular de 0,92, valor inferior al obtenido por nosotros, seguramente porque consideraron como agudeza visual máxima la unidad. Asimismo, Hatch (1990) han obtenido una agudeza visual media de 0,92 para una población penitenciaria.

Mientras algunos informes han encontrado agudezas Snellen superiores a la unidad (Tucker y Charman 1975; Horner et al. 1985), en otros estudios se ha informado de agudezas corregidas cuyo mejor valor es la unidad (Peters 1961, Thorn y Schwartz 1990), siendo este resultado de unidad, el que se considera generalmente el estándar de la visión "perfecta" o "normal" con la que realizar comparaciones con otros valores.

En nuestra población de estudio dentro del grupo de varones, el porcentaje con agudeza visual igual o mayor de

uno es de un 84,5% en relación a un 79,5% del 100% de las mujeres que han alcanzado este valor. Esta pequeña diferencia podría ser debida a que el porcentaje de mujeres que llevaban lentes de contacto era superior al de los hombres. Si tenemos en cuenta que en nuestro trabajo las lentes de contacto envejecidas han influido negativamente sobre la sensibilidad al contraste de las frecuencias espaciales altas, podríamos admitir que por este motivo la agudeza visual estaría negativamente afectada. Por otra parte, al igual que Sanz et al. no hemos encontrado diferencias por sexo.

En cuanto al error refractivo nuestra población ha presentado un porcentaje de defectos de refracción parecido al que corresponde al obtenido en otras poblaciones universitarias como será comentado más adelante.

En el grupo estudiado, aproximadamente el 80% de los estados refractivos del ojo han estado situados entre +2,00 y -2,00 dioptrías, siendo más numerosos los varones que las mujeres con esta condición. Un porcentaje ligeramente superior (88,5%), para el mismo rango de dioptrías, fué obtenido por Kronfeld y Devney (1931) en un trabajo sobre 2229 ojos de pacientes en edades comprendidas entre 25 y 50 años, con astigmatismos menores de 0,75 dioptrías.

Para Sorsby (1960), el porcentaje de emétopes e hipermétopes hasta 2,00 dioptrías en 1017 hombres adultos jóvenes en población general fué del 75%, porcentaje superior al encontrado por nosotros (59,8%) en la población de estudiantes, pero que está en la línea de los resultados encontrados en comunidades universitarias.

El valor medio de refracción encontrado, considerando el equivalente esférico, es ligeramente miope con un valor de -0,87 dioptrías. Esta cifra es ligeramente superior al que obtienen Sanz et al. (1994) en 103 sujetos cuyo valor medio fué de 0,64 D. Podemos atribuir esta diferencia al hecho de que en nuestra población 28 ojos superaban las 6,00 dioptrías de miopía, siendo un caso excepcional el de una mujer con 19 dioptrías en ambos ojos. Por otra parte, las desviaciones estándar coinciden en los dos estudios así como el porcentaje total de amétopes, en nuestro caso del 47,4% y en el de Sanz et al. del 53,92%. Asimismo en ninguno de los estudios se hallan diferencias significativas debidas al sexo en los grupos de edad considerados.

Al estudiar la frecuencia de miopía en población universitaria se observan valores ligeramente inferiores a los nuestros del 38,6 % en las investigaciones de Parnell (1951) en Inglaterra con un porcentaje del 32 % y Derby (1880) con un 35 %, y son ligeramente superiores los datos

obtenidos por Dunphy (1968) en la Universidad de Harvard (44%) y por Sanz et al. (1994) en la Universidad Complutense (46,08%)

La prevalencia de la miopía en población joven no estudiante difiere mucho de unos trabajos a otros pero en general presentan porcentajes inferiores a los obtenidos en colectivos de universitarios. Así Sorsby (1960) en el Reino Unido ha cifrado el índice de miopes en el 11%, mientras Hirsch y Weimouth (1990) han encontrado unos porcentajes que oscilan entre un 20 y un 30% para grupos de población en los Estados Unidos, que son similares a los encontrados por Sperduto et al. (1983) en el mismo país, en un estudio sobre la prevalencia de la miopía en 5.195 sujetos en población general, donde la frecuencia en la población blanca a la edad de 18-24 años era del 29,7%. Además también encontraron más miopía en la mujeres que en los hombres por debajo de la edad de 35 años, con lo que concuerda con el mayor porcentaje de mujeres miopes hallado en nuestro estudio.

Se puede afirmar, que existe una evidente influencia ambiental, que en este caso sería el excesivo uso de los ojos en visión próxima de la juventud universitaria estudiada. Estos aspectos han sido confirmados por

numerosos autores entre los que destacan Goldschmidt (1968) y Sperduto et al. (1983).

Con relación a la hipermetropía la frecuencia en nuestra población ha sido de un 8,8%, igual al 8,7% referido por Septon (1984), en un grupo de estudiantes de optometría de la Universidad del Pacífico (Oregon) y ligeramente inferior al encontrado por Sanz et al. (1994), un 7,84%. En todos los estudios la hipermetropía fué de pequeño valor.

La incidencia del astigmatismo en nuestra población ha sido del 24%, con un valor medio de -0,23 dioptrías, mientras que Sanz et al. han obtenido un 32,35% de astigmatismo y un valor medio aproximadamente igual al nuestro de 0,27 D. En comunidades no universitarias Sorsby (1960) ha encontrado un astigmatismo del 14% y Lyle (1971) ha obtenido un valor medio de 0,37 D, en una muestra de 1208 pacientes de diferentes edades.

En cuanto a los hábitos de interés sanitario los estudios epidemiológicos observacionales llevados a cabo en los años 50 en Inglaterra, Estados Unidos y Canadá confirmaron el papel del tabaco en la etiología de diferentes enfermedades, que quedó firmemente establecido con la publicación, en 1962, del primer informe del Royal

College of Physicians of London y, en 1964, del primero del Surgeon General de Estados Unidos.

Entre los datos sobre la prevalencia del tabaquismo en España están los proporcionados por el Departamento de Sanidad y Seguridad Social de la Generalidad de Cataluña, en una encuesta efectuada en 1990, en la que el porcentaje de fumadores de las personas de ambos sexos de 15 a 64 años era el 36,7% (49,7% de los hombres y 25,7% de las mujeres). En los hombres, la prevalencia más elevada se daba en el grupo de edad de 45-54 años (66,1 %), mientras que en las mujeres en el rango de 25-34 años (44,6%). Sin embargo, en una encuesta realizada por el mismo organismo en el año 1986, en las mujeres la prevalencia más elevada se daba en el grupo de edad de 15-24 años (50,4%) y en los hombres en el de 25-34 años (69,0%).(Salleras.y Alvarez, 1991)

Es decir, entre una encuesta y otra se observa un descenso en el porcentaje de fumadores jóvenes que coincide con los datos obtenidos en nuestro estudio en los sujetos de ambos sexos entre 19-24 años con un 38,4% de fumadores, igual al porcentaje hallado en la encuesta de 1990 en Cataluña, donde los jóvenes adultos de 15 a 24 años que fumaban el 39,1% eran hombres y el 37,4% mujeres. Además en nuestro estudio el 75% de los sujetos de 19 años no

fumaban, mientras que entre 20 y 24 años no tenían el hábito el 55,5% de las personas.

Como era de esperar el hábito de fumar también ha aumentado con la edad en nuestra población de estudio. Mientras que en el grupo de menor edad sólo fumaban el 25%, para el grupo mayor de 30 años el 65% tenían el hábito, siendo la asociación entre la edad y el consumo de tabaco significativa con $p < 0,01$, sin embargo no se han hallado diferencias significativas entre hombres y mujeres. Si nos volvemos a comparar con la encuesta realizada en Cataluña (1990), nuestro porcentaje para el grupo de más de 25 años que tenían el hábito (58,8%), es ligeramente superior al referido por ellos para las edades entre 25 y 34 años, donde los varones que fumaban eran el 53,4 y las mujeres el 44,6%.

En cuanto al consumo de cafeína la proporción de individuos que no tenían el hábito de tomar más de tres bebidas con cafeína al día, un 70%, es superior a los que sí consumían estas bebidas, no existiendo diferencias significativas por sexo. Pero cuando hemos considerado la edad de la persona, los grupos de menor edad consumían menos bebidas con cafeína, incrementándose el hábito con la evolución cronológica del individuo ($p < 0,01$).

6.2. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

6.2.1. VARIABLES DE PERSONA Y SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

6.2.1.1. EDAD, SEXO Y ANTECEDENTES FAMILIARES DE GLAUCOMA

El efecto de la edad sobre la C.S.F. ha sido uno de los factores más estudiado en las distintas investigaciones, pero los resultados obtenidos han presentado algunas divergencias.

En nuestro trabajo no hemos encontrado ninguna diferencia significativa en los valores medios de sensibilidad al contraste en los rangos de edad (18 - 45 años) de nuestra población.

Estos resultados de no significación están dentro de lo esperable, pues según la mayoría de los autores no existen diferencias hasta los 50 años. Recientemente Harrison et al. (1993) han medido la sensibilidad al contraste en una muestra de 90 sujetos entre 21 y 50 años y no han encontrado diferencias significativas en estas edades para redes generadas en un monitor, redes de interferencia generadas en el plano de la retina, redes en presencia de deslumbramiento y umbrales mesópicos de contraste con y sin deslumbramiento. Los autores han concluido que tanto la sensibilidad al contraste, como la calidad óptica de la imagen, y la sensibilidad neuronal foveal tienen escasa

posibilidad de variar más de 0,1 unidades logarítmicas entre las edades de 21 y 50 años en sujetos oftalmológicamente normales y sin opacidades en sus componentes oculares.

Así mismo Dressler and Rassow (1981) han determinado la C.S.F. neuronal usando un sistema de interferencia laser y han informado que la sensibilidad al contraste no disminuye con la edad.

Por el contrario Yates et al. (1987) en 103 adultos jóvenes sanos entre 21 y 40 años estudiantes médicos de la Universidad de Texas y personal del Centro han comparado la sensibilidad al contraste entre los menores de 30 años y aquellos con 30 años o más y no han encontrado diferencias significativas entre los dos grupos excepto a 16 ciclos/grado, mediante el uso de técnicas electrónicas. Los sujetos presentaban agudeza visual unidad o mejor sin o con la corrección habitual.

Aunque desde el punto de vista de la significación nosotros no hemos encontrado un efecto de la edad, si hemos observado una ligera tendencia de la sensibilidad al contraste a disminuir conforme aumentaba aquella en las frecuencias bajas (1,5 y 3 c/g), mientras que en las

frecuencias espaciales altas se han obtenido los mismos valores.

En este sentido, el único estudio que ha confirmado la tendencia por nosotros observada es el de Sekuler et al. (1980) donde se ha comparado la sensibilidad al contraste de 10 ancianos entre 60 y 70 años y 25 universitarios. Tanto los jóvenes como los ancianos no tenían enfermedades oculares y todos presentaban agudeza visual de 0,6 o mejor. En el grupo de más edad existía disminución de la sensibilidad al contraste en las frecuencias espaciales intermedias y bajas cuando se comparaba con los sujetos jóvenes, pero tenían sensibilidad similar en 16 ciclos/grado que fué la mayor frecuencia espacial examinada. Según los autores estas similitudes no son sorprendentes debido a que los dos grupos tenían agudezas visuales similares.

Sin embargo son más numerosos los trabajos que han informado de disminuciones de la sensibilidad al contraste con la edad en las frecuencias espaciales altas e intermedias, o solamente en las frecuencias altas y, además otros una disminución generalizada en todas las frecuencias espaciales estudiadas. En este sentido no hay un concordancia general en los resultados obtenidos en las distintas investigaciones. Estas discrepancias son

parcialmente explicadas debido a las diferentes técnicas y procedimientos empleados, y a distintos problemas metodológicos como incluir sujetos con enfermedades oculares y sujetos que no estaban bien corregidos de su error de refracción.

En uno de los primeros informes, Arden (1978) decía que no había cambios en la sensibilidad relacionados con la edad a cualquiera de las frecuencias examinadas. La medida de la sensibilidad al contraste se hacía en las frecuencias espaciales bajas e intermedias en personas de 11 a 70 años. En otro estudio, con una muestra similar (Arden and Jacobson, 1978) se observó una ligera disminución de la sensibilidad en las personas de más edad en cada una de las frecuencias espaciales. En ninguno de los estudios los autores describían el número de sujetos en los diversos grupos de edad, crucial en el análisis de los datos. Además, tampoco se mencionaba si los sujetos llevaban su mejor corrección óptica para la distancia del test (50 cm), para evitar las variaciones debidas a la borrosidad, ni si eran ojos sanos.

Entre los estudios que han informado de una disminución de la sensibilidad al contraste con la edad a las frecuencias espaciales intermedias y altas se han encontrado los siguientes:

La investigación de Owsley et al. (1983), sobre una muestra de 90 personas de edades comprendidas entre 19 y 87 años refraccionados individualmente para la distancia del test, ha encontrado que la sensibilidad a las frecuencias espaciales altas e intermedias (4 c/g $p < 0,01$) disminuye con la edad, empezando alrededor de los 40 a 50 años. Sin embargo no hay cambio en las frecuencias espaciales bajas (0,5 y 1 c/g) a lo largo de toda la vida. En el grupo de mayor edad observaron un desplazamiento del pico de la curva de sensibilidad al contraste (C.S.F.) hacia la banda de frecuencias espaciales bajas, desde 4 a 2 ciclos/grados. A estos mismos resultados llegaron Derefeldt et al. (1979) con una reducción de la sensibilidad al contraste para frecuencias espaciales a partir de 4 c/g.

Teoh et al. (1990) han observado una disminución significativa de la sensibilidad al contraste para los sujetos de más de 60 años ($p < 0,01$) en las frecuencias de 3 c/g y superiores. Sin embargo, en las frecuencias espaciales más bajas (0,5 y 1 c/g) todos los grupos de distinta edad tenían valores similares. Los autores han pensado que probablemente este cambio está relacionado con la pérdida de células neuronales, ya sea en la retina o a lo largo de la vía visual.

Elliott y Whitaker (1992), mediante un análisis de la varianza de dos factores, han hallado un efecto significativo de la edad ($p < 0,001$) sobre la sensibilidad al contraste medida con el panel impreso VCTS de Vistech, que también depende de la frecuencia espacial ($p < 0,005$). Las frecuencias espaciales altas y medias parecen estar más afectadas con el incremento de la edad que las frecuencias bajas. Esto no fué encontrado en el estudio de Ginsburg (1984), impulsor del test VCTS, que en el análisis de la varianza de sus datos reveló diferencias no significativas entre la C.S.F. de diferentes grupos de edad, de hecho los datos normativos aportados con el panel VCTS combinan resultados de todos los grupos de edad.

Otro trabajo que también utiliza el test VCTS, empleado en nuestro estudio, es el de Jiang et al. (1990), donde la influencia de la edad se asocia con la sensibilidad al contraste a frecuencias espaciales intermedias y altas. Posteriormente, Scialfa et al. (1991) han realizado un estudio en una muestra de 92 sujetos con edades comprendidas entre 20 y 73 años, refraccionados para la distancia del test, encontrando que la sensibilidad al contraste de los adultos de más edad era menor que la de los adultos jóvenes, particularmente a las frecuencias espaciales altas. Han comprobado que el VCTS es

suficientemente sensible para detectar diferencias de edad que también han sido obtenidas por otros métodos.

Las diferencias en sensibilidad al contraste han pretendido explicarse por la miosis senil, apoyandose en el hecho de que una pupila pequeña produce un deficit en la iluminación retiniana. Según Higgins et al. (1988) y Sloane et al. (1988) la sensibilidad al contraste a frecuencias espaciales inferiores a 2 c/g tiende a no disminuir con la edad, a no ser por una luminancia moderadamente baja o por un criterio dependiente del método psicofísico que se use.

Los estudios que encuentran una disminución generalizada a todas las frecuencias espaciales también son numerosos y los comentamos a continuación.

Skalka (1980), Sokol et al. (1981), Vaegan y Halliday (1982), McGrath y Morrison (1981), Arden y Jacobson (1978) han encontrado disminuciones significativas de la sensibilidad al contraste en todas las frecuencias espaciales examinadas cuando se incrementaba la edad. Sin embargo en algunos de los informes no se comentaba si los sujetos llevaban la mejor corrección óptica y por otro lado las muestras eran pequeñas. Hay que destacar que hasta 1981 no hay estudios con más de 32 sujetos.

En los trabajos más recientes, que se debaten a continuación, no existen estos problemas metodológicos y se ha exigido que sean ojos sin patología ocular, y generalmente con buena agudeza visual.

Ross et al. (1985), han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la sensibilidad al contraste de un grupo joven de 20-30 años y un grupo de 50-87 años a todas las frecuencias espaciales examinadas entre 0,4 y 19,2 c/g. En el rango de edades de 50 a 87 años la sensibilidad al contraste disminuía linealmente con la edad, para las frecuencias espaciales medias y altas, pero la sensibilidad para las frecuencias espaciales bajas era independiente de la edad. En este estudio el diámetro pupilar era mayor de 2,5 mm para limitar el efecto de la difracción.

Greene y Madden (1987) midieron la agudeza visual, estereopsis y sensibilidad al contraste en 24 adultos jóvenes estudiantes universitarios y 24 adultos mayores sanos de 68 años de edad media. De todos los exámenes realizados solamente la sensibilidad al contraste discriminaba significativamente la visión de adultos jóvenes y ancianos, por lo tanto la sensibilidad al contraste podría ser una medida útil para detectar los cambios relacionados con la edad en la función visual.

En este estudio la prueba de sensibilidad al contraste la realizaban con el test de Vistech (VCTS) binocularmente, llevando todos los sujetos su mejor corrección óptica para lejos. En su estudio encontraron una disminución generalizada en la sensibilidad al contraste para las personas de más edad. La magnitud de las diferencias debidas a la edad se incrementaban al aumentar la frecuencia espacial. También observaron un desplazamiento del pico de máxima sensibilidad hacia una frecuencia inferior.

Korth et al. (1989) han obtenido una disminución significativa en la sensibilidad al contraste, alrededor de los 50 años, de 156 sujetos normales en los dos sexos a todas las frecuencias espaciales de las redes generadas electrónicamente. Esta dependencia de la edad fué algo más pronunciada en las mujeres, sin embargo no hicieron test inferenciales y utilizaron personal sanitario sano y pacientes con enfermedades oculares unioculares.

En población española y con el test VCTS, recientemente Roldan y Laguna (1993) han realizado un estudio con 60 personas entre 10 y 70 años de agudeza visual unidad sin corrección, en los que han encontrado que la sensibilidad al contraste disminuye con la edad en todas las frecuencias ($p < 0,01$), aunque la disminución era más marcada en las

frecuencias más altas, 12 y 18 c/g, y después de los 60 años.

En cuanto al sexo en esta investigación no es fácil explicar nuestro hallazgo de diferencias significativas para la sensibilidad al contraste a la frecuencia espacial más baja (1,5 c/g) con $p < 0,01$, siendo 0,69 unidades logarítmicas mayores los valores de sensibilidad de los varones que los de las mujeres. Para las demás frecuencias espaciales las varianzas y las medias han sido similares para ambos sexos. Sin embargo, las diferencias en sensibilidad al contraste debidas al sexo solamente se han producido para los sujetos que no utilizan corrección, no existiendo estas diferencias en los usuarios de gafas o lentes de contacto.

Ninguno de los estudios que comparan el efecto del sexo sobre la sensibilidad al contraste ha encontrado diferencias significativas en cualquiera de las frecuencias espaciales examinadas (Owsley et al., 1983; Yates et al., 1987; Long y May, 1992; Block y Evans, 1993). Ross (1985) ha estratificado los resultados del test de sensibilidad al contraste por edad y sexo y tampoco ha encontrado diferencias significativas entre sexos.

En relación a los antecedentes familiares de glaucoma no hemos hallado en nuestra búsqueda bibliográfica ninguna referencia a investigaciones que establezcan relación entre la sensibilidad al contraste y este factor.

En nuestro estudio hemos observado una influencia significativa de los antecedentes familiares de glaucoma ($p < 0,05$), que se ha reflejado en una disminución de los valores de sensibilidad al contraste en las frecuencias espaciales intermedias (6 y 12 c/g) y, sin embargo, aunque sin significación estadística han presentado mejores valores medios de sensibilidad al contraste en la frecuencia espacial más baja aquellas personas con familiares glaucomatosos.

6.2.1.2. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

La gran mayoría de los estudios realizados exigen como condición previa al examen de la sensibilidad al contraste que los sujetos presenten una agudeza visual igual o superior a uno.

A continuación discutimos los resultados de sensibilidad obtenidos en nuestra población teniendo en

cuenta los valores de los sujetos con agudeza visual unidad o superior, cuya media monocular ha sido de 1,12.

Bradley et al. (1991) en un estudio de características similares al nuestro y de los pocos que obtienen datos monoculares, en una población de 70 adultos jóvenes (140 ojos) estudiantes del 2º y 3º año de la Escuela universitaria de Optometría de Indiana, han obtenido unos valores medios de sensibilidad al contraste con el VCTS prácticamente iguales a los hallados por nosotros.

En la siguiente tabla presentamos los resultados suyos y los nuestros expresados en unidades logarítmicas, para hacer posible la comparación.

	1,5 C/G	3 C/G	6 C/G	12 C/G	18 C/G
Bradley	1,83	2,08	2,10	1,86	1,40
Nosotros	1,70	2,03	2,09	1,87	0,14

Para la frecuencia espacial de 18 c/g existe una gran diferencia en los valores obtenidos, muy altos en el estudio de Bradley et al., lo cual puede ser debido a que las personas exploradas por ellos poseían una agudeza visual muy elevada.

El pico de máxima sensibilidad en los dos estudios se ha situado a 6 c/g con un valor de sensibilidad al

contraste logarítmico medio prácticamente igual en los dos casos.

La mayoría de los sujetos de las dos poblaciones han mostrado una sensibilidad al contraste en la mitad superior del rango propuesto por el fabricante, coincidiendo en esto con otros estudios publicados previamente (Kennedy y Dunlap, 1990; Long y Tuck, 1988).

En cuanto a la dispersión de los resultados, nuestros datos han presentado una gran varianza inter-individual igual que la obtenida por Bradley et al. pero mientras que ellos han informado que a 12 y 18 c/g la dispersión de sus datos cubre el rango entero del test, en nuestro caso hemos tenido menos dispersión a 12 c/g.

En una población parecida a la nuestra, de 54 universitarios, Long y Tuck (1988) han informado de unas desviaciones estándar muy pequeñas con casi cero de variabilidad interindividual, sin embargo Bradley et al. (1991) al compararse con ellos no podían explicar su discrepancia a no ser que las barras de "error" referidas como desviación estándar en realidad representasen errores estándar de la media.

Yates et al. (1987) en el estudio nombrado a propósito de la edad en 103 adultos jóvenes sanos con agudeza visual

unidad o mejor con la corrección habitual que no podía exceder de $\pm 3,00$ D, midieron la sensibilidad al contraste binocular usando técnicas electrónicas a ocho frecuencias espaciales: 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20 y 24 c/g, obteniendo el máximo valor medio de sensibilidad al contraste (125) a 4 c/g.

Este resultado nos ha llamado la atención por ser relativamente bajo en comparación con los referidos por otros autores que han utilizado técnicas electrónicas y, miden la sensibilidad al contraste binocular. Por otra parte, este resultado es igual al obtenido por nosotros monocularmente para el pico de máxima sensibilidad a 6 c/g.

Yates et al., en el mismo estudio también han informado de una gran variabilidad en los valores de sensibilidad al contraste, pero sus diferencias interindividuales son menores en las frecuencias espaciales altas, excepto para 24 c/g donde la desviación estándar fue muy alta, indicándose con ello la grandísima dificultad de discriminarse las franjas a este nivel. Estos autores han argumentado que la menor desviación en las frecuencias altas se debe a que los sujetos tenían agudezas visuales similares, sin embargo en nuestro trabajo en la frecuencia espacial más alta de nuestro test (18 c/g) hemos obtenido la mayor variabilidad, seguramente porque nuestra población

no estaba tan restringida en cuanto al error refractivo y tipo de compensación presentado, los cuales pueden influir en estas frecuencias espaciales altas. De hecho en el análisis que hemos realizado sobre la influencia del tipo de compensación en la sensibilidad al contraste, hemos comprobado que los sujetos que llevaban compensación tenían peores valores a las frecuencias espaciales altas del test VCTS, a pesar de que su agudeza visual Snellen era igual o superior a la unidad.

En el mismo año Long y Penn (1987) con un sistema electrónico de medida parecido al de Yates et al. y con una población semejante, 60 estudiantes universitarios con un mínimo de agudeza visual binocular de 6/6 de lejos corregida o sin corregir, han obtenido unos valores medios de sensibilidad al contraste binocular superiores.

Sus mayores valores probablemente se deban a que los sujetos que estudiaron tenían experiencia previa con el test y a que emplearon un procedimiento psicofísico mejor, lo cual permite elevar la C.S.F.

Igualmente Scharre et al. (1990), pero con el panel impreso de Vistech (VCTS), han obtenido unos valores de sensibilidad al contraste binocular para 50 adultos jóvenes, con experiencia en test psicofísicos, bastante

elevados. La máxima sensibilidad al contraste la obtienen al igual que nosotros a 6 c/g.

Greene y Madden (1987), citados a propósito de la edad, también han examinado la sensibilidad al contraste binocular con el test VCTS de Vistech en 24 adultos jóvenes estudiantes universitarios que llevaban su mejor corrección para lejos. Los valores binoculares que obtuvieron eran similares a nuestros valores monoculares excepto para 18 c/g que presentaban valores superiores. Sin embargo sus desviaciones estándar eran menores que las encontradas por nosotros probablemente debido a que las medidas presentadas como binoculares así lo determinan.

En observadores normales la sensibilidad al contraste espacial medida binocularmente es aproximadamente un 40% mejor, a través de todas las frecuencias espaciales, que la sensibilidad al contraste monocular (Campbell y Green, 1965b). Ellos atribuyeron este hecho, a la sumación neuronal de las señales monoculares desde los dos ojos, y el proceso se refiere como una sumación binocular. Igualmente, Ross et al. (1985) han medido la C.S.F. y han obtenido que la sensibilidad monocular fué consistentemente más baja que la sensibilidad binocular para todas las frecuencias espaciales.

Referente a los valores medios de sensibilidad al contraste y su distribución en nuestra población total, es decir en todos los sujetos independientemente del valor de agudeza visual monocular presentado (media=1,05), a continuación pasamos a discutir los resultados que hemos encontrado.

No son muchos los trabajos de sensibilidad al contraste que no exigen a la población de estudio que su agudeza visual sea igual o superior a uno, pero entre ellos están el de Ginsburg et al. (1984 b) sobre 265 personas con una media de edad de 35,9 años, visitantes del Air Fair de Dayton y del museo de las fuerzas aereas.

El examen de la sensibilidad al contraste lo realizaron con las lentes compensadoras que llevaba el sujeto, sin intentar mejorar la corrección, aunque la media de agudeza visual binocular presentada era de 1.07, un valor parecido a la agudeza visual monocular presentada por nuestra población.

Sin embargo, los valores medios de sensibilidad al contraste que obtuvieron generando redes con un sistema electrónico (Optronix) son superiores a los de nuestra población, debido más a que la diferencia en las técnicas

empleadas a que sus pruebas se realizaron binocularmente, frente a las nuestras que son monoculares.

El pico de máxima sensibilidad en nuestro estudio para toda la población independientemente de su valor de agudeza visual se ha producido a 6 c/g que está dentro del intervalo de 3 a 10 c/g que se considera normal, y con un valor medio de sensibilidad al contraste de 115, mientras que en el estudio de Ginsburg et al. se producía a 4 c/g, teniendo en cuenta que la siguiente frecuencia espacial que examinaban era la de 8 c/g, con un valor medio de 170 (dato obtenido de la curva) que disminuye por encima y por debajo de esta región.

La distribución de sus valores de sensibilidad al contraste presentaban un largo sesgo hacia los valores altos dentro de cada frecuencia a 1, 16, y 24 c/g. En general es común en las medidas de contraste que haya una tendencia de los valores a estar ligeramente sesgados en una dirección positiva (Long y Tuck, 1988), igualmente nuestros resultados se han distribuido de esta manera.

Al igual que nosotros Ginsburg et al. también han encontrado grandes diferencias individuales en varias frecuencias espaciales que asimismo fueron halladas

previamente por Virsu et al. (1975), y que según ellos probablemente reflejaban variaciones biológicas genuinas.

En nuestro estudio la variabilidad interindividual ha sido mayor a la frecuencia espacial más alta (18 c/g) sin embargo en el de Ginsburg et al. en las más bajas y más altas. Ellos han argumentado que la razón de la gran variabilidad a las frecuencias bajas no se puede determinar de momento, pero que puede ser debida al pequeño n° de ciclos a través de la pantalla del osciloscopio.

Sin embargo, en cuanto al test VCTS 6500, Scialfa et al. (1991) han opinado que el estímulo de la frecuencia espacial baja (1,5 c/g) no estaba tan restringido en ciclos por red, como han argumentado otros (Corwin y Richman, 1986).

La gran variabilidad en las redes de frecuencia espacial alta, para Ginsburg, se entiende más fácilmente debido a la heterogeneidad de los estados refractivos que presenta normalmente una población normal, siendo la homogeneidad una condición necesaria par minimizar las diferencias entre las sensibilidades de los sujetos explorados a esas frecuencias espaciales altas. Además, la heterogeneidad del estado refractivo estaba amplificada por la decisión que tuvieron de no proporcionar a los sujetos la mejor

corrección óptica, para obtener una C.S.F. que sirviera para definir bandas de normalidad.

Otro trabajo en el que no se ha exigido agudeza visual unidad y que además ha empleado el test VCTS es el de Long y May (1992) en 60 estudiantes universitarios entre 18 y 25 años que también ha encontrado una gran dispersión de las medidas de sensibilidad al contraste para cada frecuencia espacial, aunque el grado de varibilidad que han obtenido entre los sujetos es menor que el referido con otros test como el utilizado por Ginsburg. Las personas estudiadas presentaban una agudeza binocular de al menos 0,5 hasta 1,5.

En España, en la Escuela de Optica y Optometría de Tarrasa Capilla et al. (1990) han valorado la sensibilidad al contraste monocular en 138 individuos con el test VCTS y los resultados que han obtenido son similares a los nuestros para la población total, aunque ligeramente inferiores en las frecuencias intermedias y altas.

En nuestro estudio si comparamos las desviaciones estándar obtenidas, cuando se considera el total de la población y cuando se restringue a la condición de agudeza unidad, las desviaciones han sido mayores para las

frecuencias espaciales 6, 12, y 18 en el primer caso y no ha habido diferencia en las frecuencias 1,5 y 3 c/g.

Como se ha podido ver del amplio debate que se mantiene, por los resultados de las distintas investigaciones sobre la sensibilidad al contraste, se apuntan los criterios de normalidad de la población joven en la que se incluye la nuestra, a pesar de haber sido explorada de forma monocular, respecto a una gran mayoría que lo hace binocularmente.

Las diferencias individuales en sensibilidad al contraste pueden tener importantes implicaciones para la percepción de objetos. Por ejemplo, la habilidad para ver objetos grandes de bajo contraste puede ser deducida de la sensibilidad al contraste individual, pero no de su agudeza visual (Ginsburg et al., 1982). Por lo tanto, diferencias individuales en sensibilidad al contraste determinan quien puede y quien no puede realmente detectar e identificar objetos bajo condiciones de contraste reducido, como en la niebla o al anochecer.

6.2.2. CORRELACIÓN ENTRE LAS SENSIBILIDADES AL CONTRASTE A LAS DIFERENTES FRECUENCIAS ESPACIALES

Las correlaciones por nosotros obtenidas entre las sensibilidades al contraste a las distintas frecuencias espaciales han sido significativas para todas las frecuencias examinadas pero con mejores coeficientes entre las frecuencias espaciales que están próximas entre sí, aunque también se han observado asociaciones entre frecuencias espaciales distantes como son 1,5 y 18 c/g.

Entre los trabajos que han usado técnicas distintas de las empleadas por nosotros como es el de Owsley et al. (1983) nuestros resultados estan en línea con los obtenidos por ellos, que han hallado que la sensibilidad al contraste a frecuencias espaciales muy diferentes estaban correlacionadas significativamente, aunque la correlación más fuerte se producía generalmente entre redes de frecuencias espaciales próximas. Sin embargo, Ginsburg (1980) no ha encontrado relación entre la sensibilidad al contraste a frecuencias espaciales altas, superiores a 18 c/g, y aquella a frecuencias espaciales bajas.

Long y Penn (1987) en un estudio en 60 estudiantes universitarios a los que exigían un mínimo de agudeza visual binocular unidad para lejos han realizado medidas

binoculares de la sensibilidad al contraste mediante el empleo de técnicas electrónicas y han obtenido una matriz de intercorrelaciones para los resultados de sensibilidad al contraste en 6 frecuencias espaciales que tenían un patron de correlación similar al nuestro con $p < 0,01$ en todos los casos. Igualmente, aunque las correlaciones entre frecuencias espaciales adyacentes eran relativamente altas, también había relaciones significativas entre frecuencias muy distantes (por ej, entre 1,0 y 11,4 c/g).

Considerando los estudios que al igual que el nuestro han empleado el test VCTS de Vistech en sus investigaciones, nuestros resultados confirman los hallados previamente por Kennedy y Dunlap (1990), Long y May (1992) y por Elliot y Whitaker (1992).

Long y May (1992) han informado al igual que los demás que, la correlación entre los valores de sensibilidad al contraste tiende a ser menor cuanto más separadas están las frecuencias espaciales.

Kennedy y Dunlap (1990) en una investigación con 15 estudiantes todos con buena visión han obtenido una matriz de correlaciones con valores más altos que la encontrada por nosotros, que podría ser debido a que sus datos de sensibilidad al contraste medios representaban el resultado

promedio obtenido despues de realizar el sujeto 15 pruebas de sensibilidad al contraste con el VCTS.

Sin embargo coincidimos con las características que presenta la matriz de correlaciones, que manifiesta un patrón tal que las correlaciones entre frecuencias adyacentes es mayor que entre frecuencias distantes, las correlaciones aumentan conforme se procede desde las frecuencias inferiores a las superiores, y aumentan diagonalmente en el mismo sentido.

Debido a las fuertes correlaciones, que encontraron estos autores entre las sensibilidades al contraste a las diferentes frecuencias espaciales, realizaron un análisis factorial de las correlaciones para propósitos descriptivos. Este análisis ha sugerido que dos factores independientes, uno asociado con las frecuencias espaciales altas, y el otro relacionado con la sensibilidad a estímulos de frecuencia espacial baja, pueden proporcionar la información necesaria para estos sujetos normales.

De los dos valores que sería suficiente medir, uno es la sensibilidad a frecuencias espaciales altas, que puede proporcionar un índice muy relacionado con la medida obtenida con las letras de agudeza de Snellen, además la agudeza visual debería ser preferida a la sensibilidad al

contraste examinada en las frecuencias altas, ya que se ha demostrado que esta es más precisa (Bradley et al. 1991). Una segunda medida importante e independiente de la agudeza visual Snellen en sujetos normales sería la valoración de la sensibilidad a frecuencias espaciales bajas.

Nosotros llegamos a esta misma conclusión, pero no a través del análisis de las correlaciones sino de los resultados obtenidos cuando valoramos el efecto de otros factores sobre la sensibilidad al contraste.

6.2.3. ASOCIACIÓN DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y PARÁMETROS VISUALES

6.2.3.1. EFECTO DE LA AGUDEZA VISUAL

La agudeza visual Snellen representa el mínimo ángulo visual resoluble para la fovea central mientras que la sensibilidad al contraste parece medir la función de una superficie más extensa del área macular y permite una evaluación individualizada de la sensibilidad en un rango de frecuencias espaciales. Hay evidencias de que la sensibilidad al contraste predice mejor que la agudeza visual la habilidad de identificar algunos objetos (Ginsburg, Evans et al. 1982)

Además la agudeza visual mide la habilidad del ojo para resolver pequeños test de alto contraste, generalmente letras, sin embargo el estímulo visual cotidiano puede variar continuamente desde un contraste bajo hasta un contraste alto y desde un patron espacial grueso a uno fino. Por lo tanto, la sensibilidad al contraste a las frecuencias espaciales intermedias y bajas no esta asociada con la identificación o detección de objetos muy pequeños; sino que está más relacionada con la habilidad en tareas tales como conducir de noche o con niebla (Dobson et al. 1980)

En este sentido, Ginsburg, (1980) ha mantenido que la agudeza visual del sujeto no predice la sensibilidad al contraste a frecuencias espaciales bajas e intermedias, y ha informado que la agudeza visual normal esta relacionada con el procesamiento de las frecuencias espaciales altas desde 18 a 30 c/g y que sin embargo la agudeza visual no revela nada acerca de la sensibilidad a frecuencias inferiores a 18 c/g.

Sin embargo, en nuestro trabajo hemos encontrado un efecto muy significativo de la agudeza visual sobre la sensibilidad al contraste en todas las frecuencias examinadas ($p < 0,01$), aunque fundamentalmente sobre las frecuencias espaciales intermedias y altas, como ya fue confirmado en el importante trabajo de Owsley et al. (1983), en el que relacionan la sensibilidad al contraste con la agudeza visual corregida en una muestra de 90 personas entre 19 y 87 años libres de patología ocular significativa y que fueron individualmente refraccionados para la distancia del test de sensibilidad al contraste, que en su caso se midió generando las redes sinusoidales en un monitor de TV

Para este autor la agudeza visual tenía un efecto significativo sobre la sensibilidad al contraste para las frecuencias espaciales de 2 c/g y superiores, con $P < 0,03$

para todas esas frecuencias. La sensibilidad al contraste a las frecuencias bajas (0,5 y 1 c/g) no estaba afectada por el rango de agudeza visual examinado en su estudio.

También han confirmado mediante un análisis de correlaciones que la agudeza visual estaba asociada positivamente con la sensibilidad al contraste de redes cuyas frecuencias espaciales fueran de 2 c/g y superiores. Igualmente Vaegan et al. (1982) no han hallado correlación entre agudeza visual y sensibilidad al contraste por debajo de los 2 c/g.

Nuestro trabajo confirma los hallazgos previos ya que también hemos obtenido una correlación significativa entre la sensibilidad al contraste y la agudeza visual en todas las frecuencias espaciales examinadas, siendo la más baja de 1,5 c/g. Además la matriz de correlaciones ha sido similar en sus datos a la que obtienen Elliot y Whitaker (1992) entre sensibilidad al contraste y agudeza visual.

6.2.3.2. EFECTO DEL ESTADO REFRACTIVO

En la discusión del efecto del error refractivo sobre la sensibilidad al contraste, hemos considerado solamente aquellos defectos que están corregidos, ya que la

influencia negativa de una imagen desenfocada sobre la sensibilidad al contraste ha sido puesta de manifiesto por numerosos autores como ya se ha comentado en el capítulo de consideraciones actuales sobre este aspecto.

En nuestro estudio, en sujetos con agudeza visual igual o superior a la unidad, el error refractivo corregido ha sido un factor con influencia sobre la media de la sensibilidad al contraste para las frecuencias espaciales intermedias y altas (6, 12, y 18 ciclos/grado) con una significación al nivel de $p < 0,01$, sin embargo no han existido diferencias significativas entre las distintas categorías de refracción para las frecuencias espaciales bajas de 1,5 y 3 ciclos/grado.

Los mejores valores medios de sensibilidad al contraste han correspondido principalmente al grupo de emétopes y amétopes leves (-2,00 D hasta +2,00 D) que representan el 85,4% de la población, estableciéndose las mayores diferencias con los grupos de miopes medios (entre - 2'00 D y - 5,00 D) y miopes altos ($< - 5,00$ D) fundamentalmente, no existiendo diferencias con los hipermétropes.

Nuestros resultados confirman los obtenidos por Fiorentini y Maffei (1976), y Gimenez et al. (1992) que también han encontrado una reducción en la sensibilidad al

contraste de las frecuencias espaciales altas en los miopes altos corregidos.

En relación a investigaciones que emplean el test de visión de contraste (VCTS), el estudio de Gimenez et al. (1992) en 130 personas con 34 años de edad media ha comparado la sensibilidad al contraste en tres grupos de población distintos uno sin defectos refractivos, que al igual que nosotros incluye ametropías leves hasta 2,00 D., otro grupo con miopía, y un tercero con hipermetropía. El error refractivo en ningún de los casos superaba las $\pm 6,00$ D, a diferencia de nuestro estudio donde hay 14 ojos con miopía superior a 6,00 D. Los autores han encontrado que tanto el grupo miope como el grupo hipermetrope presentaban una disminución de la sensibilidad al contraste en las frecuencias altas e intermedias, aun cuando estos ojos llevaban corregido totalmente su defecto con gafas. Estos resultados, sin embargo, quedarían dentro de lo meramente descriptivo ya que no han realizado tests de significación estadística.

Otros autores no han encontrado ningún efecto, si la miopía estaba bien corregida, sobre la sensibilidad al contraste (Thorn et al., 1986; Bradley et al. 1991 a). Bradley et al. (1991 a) en 140 ojos de 70 adultos jóvenes, estudiantes de Optometría, ha examinado el efecto de la

miopía corregida sobre la sensibilidad al contraste monocular con el test VCTS de Vistech y no ha encontrado ningún efecto sobre ella, sin embargo no da datos, ni compara los resultados entre distintos grupos en función del error refractivo, además por otro lado ha reconocido que sus resultados en las frecuencias espaciales altas tenían mucha desviación estándar.

El estudio de Yates et al. (1987) en 103 adultos jóvenes tampoco ha encontrado diferencias significativas entre grupos de refracción con respecto a la sensibilidad al contraste para cada una de las frecuencias espaciales evaluadas. Estos resultados son esperables si tenemos en cuenta que ningún sujeto presentaba errores superiores a $\pm 3,00$ D, con lo cuál evitan el efecto de los miopes altos sobre la sensibilidad al contraste, detectado en nuestro trabajo. Además han agrupado los datos en cuatro categorías basadas solamente en la magnitud del error refractivo uniendo miopes e hipermétropes en el mismo grupo, que pueden compensar entre sí los valores de sensibilidad al contraste obtenidos, si tenemos en cuenta que en nuestro estudio los valores de sensibilidad al contraste de los hipermétropes no difieren prácticamente del grupo emétrope y amétrope leve, y por lo tanto no podrían hallar diferencias.

Yates et al. también han investigado el efecto del astigmatismo corregido sobre la sensibilidad al contraste, siendo su trabajo el único que hemos encontrado que estudie este factor. Al contrario que nosotros no han encontrado diferencias significativas cuando se comparan con los emétopes. En nuestro caso ha existido influencia del error astigmático sobre la media de la sensibilidad al contraste en las frecuencias espaciales 12 y 18 ciclos/grado con p valores menores de 0,05 en el primer caso y de 0,01 en el segundo siendo los resultados obtenidos mejores para el grupo que no presenta astigmatismo. Las discrepancias en los resultados podrían ser debidas al astigmatismo residual de los usuarios de lentes de contacto de nuestra población, frente a la otra población donde nadie portaba lentes de contacto.

En síntesis, como nuestro punto de partido ha sido valorar la sensibilidad al contraste en una población general joven, aún teniendo en cuenta sus condiciones visuales, los resultados de nuestro estudio son válidos en este sentido epidemiológico de valoración transversal de la población y es por lo que no hemos excluido del estudio aquellos casos que otros autores en investigaciones experimentales no incluyen en su estudio, conocido el efecto que sobre la sensibilidad al contraste se ha descrito en algunos casos.

6.2.3.3. EFECTO DEL TIPO DE CORRECCIÓN ÓPTICA

Referente al tipo de compensación que presenta nuestra población su efecto solamente ha sido significativo para las frecuencias espaciales intermedias y altas (6, 12 y 18 ciclos/grado) con $p < 0,01$. En los tres casos la mayor sensibilidad al contraste la han presentado los que no utilizan ningún tipo de compensación, un 54,7%, ésta ha disminuido ligeramente para los que llevan gafas y ha empeorado para los usuarios de lentes de contacto.

En el estudio de Yates et al. (1987) antes mencionado no existían diferencias significativas de sensibilidad al contraste entre los sujetos que utilizaban gafas y los que eran emétopes, igualmente en nuestro estudio las diferencias entre usuarios de gafas y emétopes han sido muy pequeñas, siendo los portadores de lentes de contacto los que han establecido fundamentalmente las diferencias.

En relación al efecto de las lentes de contacto sobre la sensibilidad al contraste nuestros resultados confirman los obtenidos ya en las primeras investigaciones, que demostrarán una correlación positiva entre usuarios de lentes de contacto blandas y una disminución en la C.S.F. (Applegate y Massof, 1975; Woo y Hess, 1979). Estos estudios, afirmaban que las disminuciones en la C.S.F.,

aunque mínimas para las frecuencias espaciales altas, eran más evidentes para las frecuencias espaciales intermedias. La sensibilidad al contraste era menor con lentes de contacto que con gafas y estas diferencias tendían a ser mayores para el grupo de usuarios de lentes de contacto blandas que para los que utilizaban lentes de contacto duras (Applegate y Massof, 1975), sin embargo en este último aspecto nuestro trabajo no ha encontrado diferencias significativas en la sensibilidad al contraste en función del tipo de lente de contacto. Los estudios antes mencionados han sido criticados por Bernstein y Brodrick (1981) por no tener en cuenta el astigmatismo residual, por no usar test inferenciales para evaluar el significado estadístico de las diferencias entre los tipos de corrección (gafas vs. lentes de contacto); y por hacer generalizaciones de un n° pequeño de sujetos. Así en el estudio que realizan estos autores en 9 sujetos, cuando comparan la sensibilidad al contraste obtenida en un ojo corregido con cristal y el otro ojo corregido con lente de contacto, encuentran pocas evidencias de degradación visual inducida por el uso de lentes de contacto blandas durante 18 horas seguidas, sin embargo hay que tener en cuenta que habían adaptado lentes de contacto nuevas y seguramente por ello no encontraron diferencias.

Por el contrario, Mitra y Lamberts (1981), al igual que nosotros, observaron que la sensibilidad al contraste fue menor con lentes de contacto blandas que con gafas, aunque su hallazgo es en relación a casi todas las frecuencias espaciales en los 12 sujetos examinados, y cuando se volvió a reexaminar, después de 2 semanas de uso de las lentes de contacto, la sensibilidad al contraste había disminuido incluso más. El análisis estadístico de sus datos demuestra una significativa diferencia en la sensibilidad al contraste cuando se llevan lentes de contacto en oposición a las gafas. Una disminución significativa también fue evidente para los usuarios de lentes de contacto sin astigmatismo residual mientras llevaban sus lentes de contacto blandas.

Para Kirkpatrick y Roggenkamp (1985) la sensibilidad al contraste monocular con lentes de contacto blandas sólo fue significativamente menor para las frecuencias espaciales altas (22,8 c/g) cuando se comparaba con la sensibilidad medida con gafas en 19 sujetos (38 ojos) entre 15 a 35 años. Sin embargo, este estudio ha presentado una serie de características, que se comentan a continuación, que por su diseño experimental han dado lugar a que sus resultados sean diferentes de los nuestros y de los de otros investigadores.

Adaptaron lentes de contacto nuevas con las que se conseguía una agudeza visual corregida de uno o mejor, que de esta forma excluía astigmatismos residuales superiores a 0,75 dioptrías, y el resto de posible astigmatismo residual lo midieron y lo corrigieron durante el examen en la montura de prueba con cristales. El error refractivo se limitó al rango esférico de +3,00 a -6,00 dioptrías inclusive, para eliminar el efecto de errores refractivos altos sobre la C.S.F. (Fiorentini y Maffei, 1976).

A pesar de estas condiciones experimentales sus resultados globales de sensibilidad al contraste son similares a los nuestros en la población total, ya que nuestra proporción de emétopes es muy alta, además las desviaciones estándar que obtienen son de la misma magnitud que las nuestras. Y al igual que nosotros realizan un análisis de la varianza para un factor, para cada una de las frecuencias espaciales por separado.

En este mismo estudio, Kirkpatrick y Roggenkamp también investigaron el efecto del tiempo de uso de la lente de contacto sobre la C.S.F. y no encontraron diferencias significativas, excepto para 22,8 c/g, pero hay que tener en cuenta que se limitaron a realizar un examen en el momento de la adaptación, otro después de una semana, y

otro después de un mes, seguramente tiempo insuficiente para valorar su efecto.

Tomlinson y Mann (1985) en un estudio similar al anterior, donde hacen un control similar de todas las condiciones de examen, compararon la C.S.F. medida con lentes de contacto blandas y con gafas, revelando el análisis de la varianza efectos estadísticamente significativos para el tipo de corrección, con mejores valores en el caso de las lentes de contacto blandas, sin embargo las diferencias eran muy pequeñas y sin significación clínica.

Por otro lado, los autores concluyeron que para determinar diferencias estadísticas entre la C.S.F. obtenida con diferentes tipos de corrección óptica, presentaba mayores ventajas examinar las frecuencias espaciales altas e intermedias frente al grupo de frecuencias bajas.

A pesar de que nuestro estudio es transversal y que parte de los trabajos aquí analizados son experimentales, hemos procedido a la comparación de todos los resultados porque consideramos válido utilizar el perfil ideal de sensibilidad al contraste que aquella nos aporta para compararla con la realidad de nuestra población general.

Recientemente se han realizado dos trabajos de investigación consecutivos en el tiempo sobre la sensibilidad al contraste de lentes de contacto nuevas y envejecidas en relación a la sensibilidad al contraste con gafas. En el primer estudio en 56 ojos de 29 sujetos de 19,3 años de edad media, Sifre et al. (1992) han comparado la sensibilidad al contraste entre sujetos a los que adaptan lentes de contacto blandas nuevas y los equipados con cristal convencional en montura de pruebas, siendo mayor la sensibilidad al contraste en los adaptados con lente de contacto fundamentalmente para las frecuencias espaciales 1.5; 3 y 6 del test VCTS con $p < 0,01$ y para las frecuencias 12 y 18 c/g con $p < 0,05$.

Los resultados obtenidos en los sujetos corregidos con cristales en la gafa de prueba son similares a los obtenidos por nosotros para los usuarios de gafas aunque la desviación estándar de nuestro trabajo, excepto a 18 c/g, es ligeramente superior, lo cual podría ser debido a que la calidad del cristal corrector en las gafas de nuestra población es desconocido y por lo tanto heterogenea, mientras que Sifre et al. han realizado la medida de sensibilidad al contraste con el cristal de la montura de prueba en todos los casos.

En la siguiente tabla se muestran los datos de sensibilidad al contraste con gafas para ambos estudios

	FRECUENCIA ESPACIAL				
GAFAS	1,5 C/G	3 C/G	6 C/G	12 C/G	18 C/G
SIFRE et al.	51+17,6	93+31,3	118+36,2	70+25,4	23+16
NOSOTROS	50+21,2	106+42,8	123+46,6	73+31,0	23+12,2

En este trabajo Sifre et al. tampoco han encontrado diferencias significativas entre lente de contacto esférica y tórica, lo que corrobora que la diferencia se establece únicamente entre cristal y lentilla.

En la segunda investigación Sifre et al. (1993) han estudiado la sensibilidad al contraste en los mismos sujetos del trabajo anterior pero con sus lentes de contacto envejecidas por el uso durante aproximadamente dos años y 9 horas diarias. Ninguna lente estaba tan deteriorada como para recomendar su cambio y los sujetos alcanzaban una agudeza visual de unidad, idéntica a la que tenían con sus lentes de contacto nuevas.

Sin embargo, la sensibilidad al contraste obtenida con las lentes de contacto envejecidas fué menor que con las lentes nuevas con diferencias estadísticamente significativas en todas las frecuencias espaciales.

Por otra parte la C.S.F. que han obtenido con cristales en montura de prueba es mayor respecto de la sensibilidad al contraste con lente de contacto envejecida, especialmente para 12 y 18 c/g ($p < 0,01$) y a 6 c/g con $p < 0,05$. En nuestro trabajo realizado con portadores de lentes de contacto usadas, también obtenemos diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$) en las mismas frecuencias espaciales, sin embargo las diferencias son más importantes a 6 y 12 c/g que a 18 c/g, frecuencia que se corresponde mejor con los valores de agudeza visual, que en nuestro estudio son todos de uno o superiores.

Si comparamos los datos relativos a la sensibilidad al contraste en los portadores de lentes de contacto, en la siguiente tabla vemos que los valores medios hallados con las lente de contacto usadas son similares en nuestro estudio y en el de Sifre et al..

L. CONTACTO	FRECUENCIA ESPACIAL				
	1,5 C/G	3 C/G	6 C/G	12 C/G	18 C/G
SIFRE et al. (LC nueva)	63+25,3	133+46,6	141+51,2	80+40,4	26+18,3
SIFRE et al. (LC usada)	62+11,9	97+17,9	106+32	61+26,2	18+8,4
NOSOTROS (LC usada)	50+21,7	101+40,4	106+43,1	57+28,7	19+12,0

Asimismo nuestras desviaciones estándar son algo superiores a las suyas, pero inferiores a las que ellos obtienen con las lentes de contacto nuevas.

Las pequeñas diferencias en los datos se podrían explicar porque en nuestra población desconocemos el grado de envejecimiento de la lente, a pesar de que también presentan agudeza visual unidad, mientras que en el otro estudio el tiempo transcurrido de uso de la lente de contacto es uniforme para su población.

Sifre et al. han concluido que el estudio de la sensibilidad al contraste es un buen método para conocer el "estado funcional" de una lente de contacto, porque a pesar de que objetivamente la lente no este deteriorada y subjetivamente, el portador de la lente no tenga molestias y su visión sea la unidad, el umbral de contraste nos indica el estado real de esa lente.

6.2.4. RELACIÓN DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y HÁBITOS DE INTERÉS SANITARIO

Es bien conocido en clínica médica que el tabaco junto con otros factores como el alcohol tiene importancia frente a la aparición de neuritis óptica. Si consideramos que la percepción de las frecuencias espaciales bajas del test de sensibilidad al contraste dependen, más que del sistema óptico, del procesamiento neurofisiológico de la señal visual realizado por el sistema magnocelular, es en estas frecuencias donde posiblemente deberíamos ver más influencia del tabaco frente al resto de los ciclos.

En nuestro estudio hemos encontrado que los sujetos que no tienen el hábito de fumar presentan valores de sensibilidad al contraste ligeramente mejores que los que tienen el hábito, aunque solamente ha existido significación con $p < 0,01$ para la frecuencia espacial más baja del test (1,5 c/g).

El único trabajo que hemos encontrado, en los artículos científicos consultados, que compare estas dos variables, es el estudio de Fine y Kobrick (1987) que examina el efecto de fumar cigarrillos sobre la sensibilidad al contraste. Según estos autores no existen investigaciones previas sobre estas relaciones, sin embargo, las dos

En nuestros resultados se ha observado una sensibilidad al contraste ligeramente superior para la frecuencia espacial de 3 ciclos/grado ($p < 0,05$) en los sujetos que no consumen más de tres bebidas con cafeína al día.

La influencia del hábito de fumar unido a un mayor consumo de cafeína, ha sido significativa ($p < 0,05$) para la sensibilidad al contraste a las frecuencias espaciales bajas de 1,5 y 3 ciclos/grado, en las que se han observado mejores valores para los que no presentan los dos hábitos simultaneamente, mientras que para las frecuencias espaciales intermedias y altas no se puede demostrar que exista influencia.

6.3. PRESIÓN INTRAOCULAR

6.3.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PERSONA SOBRE LA PRESIÓN INTRAOCULAR

Los datos que hemos encontrado en nuestra población de estudio, con un valor medio de P.I.O. de 15,7 mm Hg. y con una desviación estándar de 2,67, coinciden con los encontrados por otros investigadores para la población general. Así, en 1958, Leydehecker et al. recogieron medidas de P.I.O. en 10.000 sujetos (20.000 ojos) sin síntomas oculares, con el tonómetro de Schiotz, e informaron que la P.I.O. media en la muestra total era de 15,5 \pm 2,57 mm Hg y que esta distribución era considerada normal.

Generalmente se ha acepta que en la población total, las lecturas normales de P.I.O. tienen un valor medio entre 15 y 16 mm Hg, con una desviación estándar de 2,5-3,0 mm Hg. Y aunque el valor se puede incrementar con la edad, se considera que 21 mm Hg es el límite aproximado de normalidad (Graham, 1972).

En 1961, Goedbloed et al. registró la distribución de frecuencias en más de 13.000 ojos holandeses normales, en la que asumiendo una distribución normal, el límite del 95%

debería estar a 20,5 mm Hg. En los hombres en la década de sus 30 años, el percentil 95 estaba en 20 mm Hg, pero este valor se incrementaba con la edad hasta alcanzar 25 mm Hg cuando se llegaba a los 80 años. En las mujeres, los valores de P.I.O. eran ligeramente superiores, pero la tendencia con la edad era similar.

La P.I.O. media (15,7 mm Hg) hallada en nuestro estudio también coincide con el resultado de 15,5 mm Hg (tomado de la gráfica), para el mismo grupo de edades, obtenido por Costagliola et al. (1990) en un estudio en el que midieron la P.I.O., con el tonómetro de Goldmann, en una población general de Nápoles compuesta por 751 sujetos sanos entre 6 y 89 años. Los autores encontraron un ligero pero no significativo incremento de la P.I.O. con la edad, siendo este más evidente en las mujeres, y asimismo, en cada grupo de edad había diferencias aunque no significativas entre los ojos y entre sexos.

Por otro lado, nuestros resultados han sido ligeramente superiores a la P.I.O. media de 13,3 mm Hg obtenida por McCaghrey y McCaghrey (1991), para el grupo de edad inferior a 30 años, en un estudio en el que se analizaron los datos de P.I.O. recogidos durante 10 años en 500 individuos "normales" usando un tonómetro de no-contacto. Al igual que nosotros no encontraron una relación

significativa entre edad y sexo. Pero, aunque en el rango de edades de nuestra población no ha existido una influencia significativa de la edad sobre la presión intraocular, se ha observado un ligero aumento de la desviación estandar para edades superiores a 24 años que confirma la tendencia encontrada por estos y otros autores sobre el aumento de la varianza de la P.I.O. con la edad

En la población adulta joven, hasta los 40 años, se ha encontrado que la P.I.O. es relativamente constante independientemente del sexo y de la raza (Armaly, 1965; Armaly, 1967; Hollows y Graham 1966; Shiose, 1984), y que se aproxima a una distribución normal. Estos resultados son confirmados en nuestro estudio con jóvenes adultos, en el que no se hallan diferencias significativas de la P.I.O. entre hombres y mujeres.

Sin embargo, esto no es cierto cuando los sujetos alcanzan los 40 o más años, siendo mayores los resultados encontrados en las mujeres, que algunos atribuyeron a diferencias hormonales (Armaly, 1965). Para Wallace (1969), estas diferencias no eran significativas, y asimismo, los estudios por tonometría de aplanación de Kahn et al. (1977), sobre 2.445 sujetos en los Estados Unidos, tampoco encontraron diferencias entre sexos. Aunque en general se ha observado que las mujeres tienen P.I.O. medias más

elevadas que los hombres y una mayor tendencia a incrementarse los valores con la edad (Alsbirk, 1970; Armaly, 1965; Hollows y Grahm, 1966).

En un screening de glaucoma en Israel sobre 2594 sujetos de más de 40 años David et al. (1987), encontraron que la P.I.O. media se incrementaba gradualmente con la edad desde 14,35 mm Hg entre sujetos por debajo de los 50 años hasta 15,49 entre aquellos de más de 70 años, siendo esta diferencia entre valores medios estadísticamente significativa ($p < 0,001$), pero no encontraron diferencias entre sexos.

El primer informe sobre rangos normales de P.I.O. medidos con un tonómetro de no contacto se debe a Carel, et al. (1984) que midieron la P.I.O. en una población de 12.803 personas aparentemente sanas de más de 40 años en Israel, obteniendo un valor medio de $13,5 \pm 3,3$ mm Hg y sin hallar diferencias significativas entre ambos sexos. La distribución de frecuencias demostraba al igual que otros estudios un sesgo hacia valores altos. También observaron que la P.I.O. estaba débilmente correlacionada con la edad, y que los subgrupos de más edad mostraban un sesgo más marcado, sin embargo el efecto de la edad desaparecía cuando se estratificaba por pulso (frecuencia cardiaca) y presión sanguínea .

En cada grupo de edad, los individuos con mayores valores de P.I.O. son los que presentaban mayores valores de frecuencia cardíaca y presión sanguínea sistólica. Por lo tanto, el aparente efecto de la edad sobre la P.I.O. meramente reflejaba la mayor frecuencia de personas con presión sanguínea elevada y frecuencia cardíaca en los grupos de mayor edad, de hecho la tendencia de la presión arterial a incrementarse con la edad en la población occidental está bien documentada. Sin embargo, en la población japonesa, con menor prevalencia de hipertensión y obesidad, la P.I.O. después de los 40 años disminuye con la edad en ambos sexos (Shiose, 1984).

En relación a los sujetos de nuestra población de estudio, que han presentado presiones intraoculares superiores o iguales a 21 mm Hg. en al menos en un ojo, la prevalencia ha sido de un 6,3%, siendo el valor de la P.I.O. media en este grupo 22,07 mm Hg., con un máximo de 26,3 mm Hg. Diferenciando por sexos, el porcentaje obtenido en los varones, un 8%, es más elevado que el 5,4% hallado en las mujeres, sin que exista significación en ello.

Para la discusión de estos resultados no hemos encontrado ningún estudio específico de P.I.O. en población adulta joven y dentro de los trabajos de población general, los que establecen comparaciones entre sujetos normotensos

e hipertensos, se refieren a grupos de edad superior a 40 años, por considerarla como edad de riesgo en el glaucoma crónico simple.

Debido a que la P.I.O. elevada es uno de los mayores factores de riesgo oftalmológico para desarrollar defectos de campo visual glaucomatoso, aunque la etiología de esta condición y su relación con el glaucoma no está bien entendida, se suele utilizar su medida para el screening del glaucoma.

Cuando se considera como nivel de corte de P.I.O. los 21 mm Hg, independientemente de la edad, sexo y raza, aproximadamente el 10 % de la población mayor sufre de hipertensión ocular en Europa y Estados Unidos, (Graham, 1972). En general se estima que la prevalencia de la hipertensión ocular está entre el 5 y el 10% (Cockburn, 1982; Leibowitz et al., 1980; Leske y Podgor, 1983), intervalo en el quedan incluidos nuestros resultados.

Asimismo, la frecuencia de hipertensión ocular hallada en esta investigación, definida como una P.I.O. mayor o igual que 21 mm Hg en al menos un ojo, coincide con el 6,1% obtenido por David et al. (1987) en el screening realizado en Israel en una población de más de 40 años. Sin embargo, cuando estratificaron por edades solamente un 3,2 % de

personas con edad inferior a 50 años tuvieron una P.I.O. superior a 21 mm Hg, las diferencias con los otros grupos de edad eran estadísticamente significativas ($p < 0,001$), es decir, el porcentaje de hipertensos oculares se incrementaba con la edad. En nuestro estudio, la asociación entre hipertensión y edad también ha sido significativa con $p < 0,05$, pero mientras que hasta los 24 años el porcentaje de sujetos con P.I.O. elevada es aproximadamente de un 5,6% del total para ese grupo, a partir de los 25 se incrementa hasta 12,7 %.

En relación a la influencia de los antecedentes familiares de glaucoma sobre la P.I.O. de nuestra población, ésta no ha sido significativa, aunque existe una mayor dispersión en los resultados de las personas que tienen antecedentes familiares de glaucoma. De estos últimos, el 13,15 % han presentado P.I.O. elevada frente a un 6,10 % de sujetos en el grupo sin antecedentes, sin que las diferencias sean significativas.

Aunque no hemos encontrado trabajos sobre esta asociación para el grupo de edades por nosotros estudiado, Armaly (1965) ha encontrado que entre aquellos sujetos de 40-79 años con una historia familiar de glaucoma, el 34,6% tenían una P.I.O. de 20 mm Hg o mayor; frente al grupo de personas del mismo intervalo de edad sin antecedentes

familiares de glaucoma, donde sólo el 17,5 % tenían una P.I.O. similar.

Además se han encontrado asociaciones entre P.I.O. igual o mayor de 21 mm Hg. y antecedentes familiares de glaucoma en los estudios de David et al. (1987); Kahn et al. (1977) y en un estudio de caso-control de Seddon (1983). Por otro lado, el riesgo de las personas que tienen algún familiar con glaucoma, de contraer la enfermedad se situa entre un 4 % y un 16 % para Shin et al. (1977) y Levi et al. (1983). En España, Gimeno et al.. (1988) indica que el glaucoma tiene una frecuencia 4,52 veces superior en las personas cuyos padres padecen la enfermedad, que entre aquellas en las que no concurren estas circunstancias, debiendo en consecuencia ser incluidos en programas selectivos.

6.3.2. EFECTO DE LOS PARÁMETROS VISUALES EN LA PRESIÓN INTRAOCULAR

Aunque no hemos encontrado literatura donde se haga referencia ni a favor ni en contra de la relación entre la PIO y la agudeza visual, no obstante nosotros hemos buscado la existencia de una posible asociación estadística entre ambas debido a su interrelación con el estado refractivo, sin embargo en nuestro caso no hemos hallado un efecto significativo

En relación al estado refractivo algunos autores han notado una consistente asociación entre error refractivo y P.I.O., siendo ligeramente mayor la tensión en los miopes que en los hipermétropes, aunque no se han encontrado diferencias mayores de 1 mm Hg (Abdalla y Hamdi, 1970; David et al., 1985; David et al., 1987; Tomlinson y Phillips, 1970; Wallace y Lovell, 1969).

En nuestra población de estudio, la refracción no ha tenido una influencia significativa sobre la media de la presión intraocular, oscilando los valores entre 15,6 y 16 mm Hg en los distintos grupos, y correspondiendo la menor desviación estándar al grupo hipermetrope (2,30) frente a 2,6 en los demás grupos

Este resultado de no significación coincide con los hallazgos de otros autores como Bengtson (1972) que no encontró diferencias significativas de P.I.O. entre diferentes grupos de refracción, cuando controló para la influencia de la presión sanguínea, sexo, estación del año, y hora del día. McCaghrey y McCaghrey (1991) tampoco encontraron un efecto significativo del error refractivo cuando analizaron los datos de P.I.O. recogidos durante 10 años en 500 individuos "normal" usando un tonómetro de no-contacto, además en este estudio los grupos de refracción que establecieron son prácticamente iguales a los nuestros: miopía elevada $> -5,00$ D; miopía moderada $-4,75$ a $-2,50$ D; ametropía leve y emetropía $-2,25$ a $+2,25$ D; hipermetropía $> +2,25$ D.

Asimismo, en Inglaterra Daubs y Crick (1981) no encontraron asociación entre hipertensión ocular (>25 mm Hg) y estado refractivo en 1000 ojos después de controlar para distintas variables de confusión potencial. Por lo tanto, la distribución de la P.I.O. no estaba afectada por el estado refractivo, e inversamente la P.I.O. no tenía efecto o poco sobre el error refractivo. Sin embargo, encontraron que el riesgo relativo de tener glaucoma de ángulo-abierto, definido como característicos defectos de campo visual, se incrementaba gradualmente conforme el estado refractivo se desplazaba desde la hipermetropía

hacia niveles altos de miopía, siendo tres veces mayor para los miopes de -5,00 dioptrías esféricas o más en comparación con los hipermetropes.

Aunque Abdalla y Hamdi (1970) han encontrado una diferencia significativa en la P.I.O. del grupo de miopía moderada (-2,00 a -6,00 D), que presentaba una P.I.O. ($15,73 \pm 1,92$) mayor que los emétropes ($15,49 \pm 2,24$), no ha sido así en el grupo de miopía superior a 6 D, además solo han hallado significación en el grupo de edad de once a veinte años, pero no en el de veintiuno a treinta años, con lo que coincidiría con los resultados encontrados por nosotros.

Entre otros informes que han relacionado la P.I.O. con el error refractivo, Tomlinson y Phillips (1970) encontraron, en un grupo de 94 sujetos, de los que 75 eran estudiantes entre 18 y 27 años, que la P.I.O. media de los miopes ($15,49 \text{ mm Hg} \pm 2,81$) era mayor que la P.I.O. de los emétropes, y la P.I.O. de los emétropes era mayor que la de los hipermetropes ($13,91 \text{ mm Hg} \pm 2,28$). Además, también encontraron un aumento en la P.I.O. con el incremento de la longitud axial del ojo ($r=0,37$).

En un trabajo posterior de los mismos autores (1972) se estudió la relación entre la longitud del globo ocular

medida por ultrasonidos y la P.I.O. en un grupo muy particular de pacientes con franca anisometropía, y aunque se observó que existía una tendencia a que el ojo más miope de un par presentase la P.I.O. más elevada, esta tendencia no era suficiente para que la diferencia resultara estadísticamente significativa.

En España, Rodríguez et al. (1979), en personas jóvenes entre 10 y 29 años, hallaron que la P.I.O. en miopías moderadas y en miopías elevadas e intensa (15,6 mm Hg) son significativamente más elevadas ($p < 0,05$) que en el grupo de hipermétropes (14,6 mm Hg), siendo la diferencia de 1 mm Hg. Sin embargo, no encontraron ninguna diferencia entre miopía y emetropía.

Entre los estudios que han encontrado una asociación entre P.I.O. y estado refractivo, solamente el análisis de Seddon et al. (1983) ha controlado para otras variables, tales como la edad y el sexo que son sospechosas de influir en la P.I.O. En este trabajo encontraron una mayor prevalencia de glaucoma entre ojos miopes.

David et al. (1985) han confirmado la asociación entre estado refractivo y P.I.O. en un estudio realizado en 2.403 personas (4821 ojos) mayores de 40 años en Israel. Las categorías que establecieron de los errores refractivos son

iguales que las de nuestro estudio y mientras que la distribución de ojos para el grupo de emetropía y ametropía leve (+2,00 a -2,00 dioptrías) es parecida con un 76,7 % David et al. y un 80,2 % nosotros, difiere para los dos grupos de miopía y para el de hipermetropía, debido a que son poblaciones con diferente composición de edad. Por otro lado, la desviación estándar de la P.I.O. en todos sus grupos de refracción era muy elevada, desde 3,70 en el grupo emétrope hasta 6,35 en el grupo miope.

Estos autores han informado que la tendencia de la P.I.O. media a incrementarse gradualmente desde 14,19 mm Hg en hipermetropes a 16 mm Hg entre miopes altos (> 5,00 D) se encontró estadísticamente significativa ($p < 0,001$). Como la edad y el sexo estaban asociadas con la P.I.O. estratifican la muestra por edades para ver la influencia de la refracción. Así, en el grupo que comprende a los sujetos de menos de 50 años la diferencia fundamental en P.I.O. se observó en el grupo miope alto y cuando estratifican por país de nacimiento, el incremento en la media de la P.I.O. con el estado refractivo solamente se encontró entre personas nacidas en Asia o Africa y no entre las nacidas en Europa o América.

Por otra parte, también encontraron que había significativamente más miopes entre personas con P.I.O.

mayor de 20 mm Hg que con P.I.O. menores. Sin embargo, en nuestro trabajo con una población menor de 40 años, la distribución de los distintos grupos de refracción en la población normotensa e hipertensa ha sido similar, aunque es de destacar que no hay hipermétropes en la población hipertensa.

En relación al astigmatismo, no hemos hallado una influencia significativa de éste sobre la P.I.O. y en los artículos consultados solamente se ha encontrado un estudio que relacione la P.I.O. con el astigmatismo que al igual que nosotros no encuentra diferencias significativas cuando tiene en cuenta la potencia del cilindro, pero si cuando tiene en cuenta el eje del cilindro (McCaghrey y McCaghrey 1991).

En cuanto al tipo de corrección óptica empleado habitualmente, en la búsqueda bibliográfica realizada no hemos encontrado ningún trabajo epidemiológico que investigue la influencia de llevar un determinado tipo de compensación sobre la P.I.O.

En nuestro estudio no se han hallado diferencias estadísticamente significativas en la media de la P.I.O. de los grupos que utilizan gafas, lentes de contacto o nada. Asimismo, la distribución de estas categorías entre los

normotensos e hipertensos (P.I.O. > 20 mm Hg) ha sido similar.

Por otra parte, en los usuarios de lentes de contacto se han obtenido presiones intraoculares ligeramente más elevadas entre los portadores de lentes de contacto duras, siendo también superior la desviación estándar, sin que podamos explicarnos este hecho, ya que además no hemos encontrado ningún artículo que investigue la influencia del uso de lentes de contacto sobre la P.I.O.

No obstante, si se ha estudiado el efecto inmediato que produce quitar la lente de contacto sobre los resultados tonométricos, encontrándose diferencias significativas. Sin embargo, cinco minutos después el cambio en la P.I.O. no era estadísticamente significativo (Khan et al., 1991)

6.3.3. RELACIÓN DE PRESIÓN INTRAOCULAR Y HáBITOS DE INTERÉS SANITARIO

El hábito de fumar, en nuestro estudio, no ha tenido un efecto significativo sobre la P.I.O. cuando hemos establecido categorías por la cantidad de cigarrillos consumidos, y tampoco se han hallado diferencias significativas en la distribución de los que presentan el hábito y los que no lo presentan en el grupo de P.I.O. superior a 20 mm Hg, aunque hay un porcentaje ligeramente superior de fumadores en este grupo 7,02 % frente a un 5,88% de los normotensos.

Nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Shephard et al. (1978) que examinaron la correlación del hábito de fumar con la P.I.O. en 426 pacientes de Canada mayores de 20 años y encontraron que las medidas tonométricas fueron bastante similares en fumadores, ex-fumadores, y no fumadores, y además el análisis de regresión múltiple demostró similares coeficientes de edad para para las tres categorías. Sin embargo, en los valores de P.I.O. medios, había un incremento en la P.I.O. de los más fumadores, particularmente en las mujeres, aunque el efecto medio no era significativo clínicamente. Los autores estimaron que la inhalación de un cigarrillo inmediatamente antes de registrar la P.I.O. puede causar un aumento

transitorio en las lecturas tonométricas más que una permanente elevación de la presión intraocular.

Asimismo, Morgan y Drance (1975) en los sujetos con hipertensión (P.I.O. > 21 mm Hg) pero sin alteraciones campimétricas y papila normal, han encontrado correlaciones positivas bajas de la P.I.O. con el hábito de fumar, es decir, la tensión era ligeramente más elevada en el pequeño subgrupo de sujetos con un consumo habitual elevado de cigarrillos (más de 20 al día), y además en las mujeres había un efecto más significativo. Sin embargo, no observaron asociación entre el hábito de fumar y el desarrollo de glaucoma crónico de ángulo abierto con cambios de papila asociados y defectos de campo visual.

Por otra parte, en un estudio en pacientes con glaucoma de ángulo abierto, el hecho de fumar un cigarrillo causó un aumento de la P.I.O. de más de 5 mm Hg. en el 37% de los enfermos y en el 11% de los individuos sin glaucoma (Mehra et al., 1976). Las medidas fueron hechas a los cinco minutos de la última inhalación de humo de un cigarrillo, y las P.I.O. normales se restablecieron a los 15 o 30 minutos.

Asimismo, Carel et al. (1984) midieron la P.I.O. en una población de 12.803 personas aparentemente sanas, en

Israel, de más de 40 años y el análisis de la varianza reveló que el hábito de fumar más de un paquete de cigarrillos al día tenía un efecto significativo sobre la P.I.O. ($p < 0,001$).

En cuanto al consumo de bebidas con cafeína, en nuestra población de sujetos jóvenes sin glaucoma, la ingestión de más de tres tazas de café o de bebidas carbonatadas con cafeína no ha tenido un efecto significativo sobre la P.I.O.. Igualess resultados fueron alcanzados por Adams y Brubaker (1990) que no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la P.I.O. media ($15,1 \pm 2,1$) obtenida en 20 sujetos normales después de 4 horas de la ingestión de un placebo ($14,7 \pm 2,6$), y después de la ingestión de 400 mg de cafeína, dosis mayor que la que consumen la mayoría de los americanos si tenemos en cuenta que en Estados Unidos el consumo de cafeína per capita es aproximadamente de una media de 200 mg diarios (Graham DM, 1978) y que una taza de café contiene aproximadamente 85 mg de cafeína, una de té 50 mg y las bebidas de cola aproximadamente 50 mg de cafeína por 330 cm³ de líquido. Asimismo Ricklefs y Pöhls (1969) tampoco han visto aumentos en la P.I.O. en estudios con personas.

Sin embargo, los informes de los efectos de la cafeína en la P.I.O. son controvertidos. Algunos investigadores han

notado que la cafeína puede causar un incremento transitorio en la P.I.O. (Peczon y Grant, 1964; Makabe, 1970). Para Peczon y Grant una sola dosis de 200 a 400 mg de cafeína causaba un aumento transitorio de la P.I.O. en los sujetos normales y glaucomatosos. Whitson et al. (datos sin publicar: presentados en el AAO Annual Meeting, 1988) encontraron que la ingestión de una gran cantidad de café 32 oz (918 cm³) incrementaba la P.I.O. en sujetos normales una media de 2,9 mm Hg más que la ingestión del mismo volumen de agua, sin embargo la mitad de esta dosis no tenía efecto significativo. Por el contrario, Genée (1972) concluyó que en su trabajo la causa de la elevación de la P.I.O. no fué la cafeína sino más bien el incremento en la ingestión de líquido.

En pacientes con glaucoma (n=13) Higginbotham et al. (1989) investigaron el efecto de beber regularmente café sobre la P.I.O., comparando el efecto de dos tazas de café y dos tazas de té y encontraron que el café aumentaba la P.I.O. 1 mm Hg más que el té, siendo esta diferencia estadísticamente significativa a los 90 minutos de la ingestión de las bebidas, pero no a los 30 y 60 minutos. Igualmente el café tuvo un efecto estadísticamente significativo en la P.I.O. cuando se comparó con un placebo a los 90 minutos después de la ingestión. Sin embargo, estos cambios no fueron clínicamente significativos y por

lo tanto, el consumo de café no estaba asociado con un cambio significativo de la P.I.O.. Este autor estima que hay insuficientes evidencias en la literatura que indiquen que prohibir el consumo de cafeína es una ayuda en pacientes con glaucoma. Sin embargo, Davis (1989) ha encontrado en dos pacientes de glaucoma un incremento en la P.I.O. después del consumo de café

En general, casi todos los informes concuerdan en que los niveles de cafeína asociados con el habitual consumo de café no parecen causar una elevación importante y sostenida de la P.I.O..

En nuestro trabajo la distribución de las personas que alcanzan valores de P.I.O. superiores a 20 mm de Hg es similar entre los que presentan un hábito de consumo normal y los que lo superan.

Por otra parte, el hábito de fumar unido al mayor consumo de bebidas estimulantes no ha tenido un efecto significativo sobre la P.I.O. de nuestra población.

6.4. RELACIÓN ENTRE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y PRESIÓN INTRAOCULAR

No hemos encontrado en la literatura ningún estudio que relacione la P.I.O. con la sensibilidad al contraste espacial estática, aunque sí se ha investigado mucho la relación entre esta y el glaucoma de ángulo abierto, siendo la mayoría de los estudios comparaciones entre los valores presentados por los grupos de ojos glaucomatosos e hipertensos oculares y los presentados por una población normal control para las edades esperables de riesgo.

Se ha dicho que en el glaucoma primario de ángulo abierto la función visual central o macular está afectada más tarde en el proceso glaucomatoso (Kolker y Hetherington, 1983). Esta creencia está basada en el uso de los optotipos de agudeza visual de Snellen como el único método de valoración de la visión central. Este test mide solamente el poder de resolución del ojo a casi el máximo contraste e ignora otros parámetros que son importantes para la función visual cotidiana, como son la percepción del color, la habilidad para detectar objetos de bajo contraste, la detección del movimiento y la habilidad para funcionar con iluminación débil (Records y Brown, 1982).

En años recientes se han utilizado nuevas medidas de la función visual para valorar pacientes con daño glaucomatoso. Los métodos sensibles de medida de la función central como son, visión del color, sensibilidad al contraste (tanto espacial como temporal), y sensibilidad luminosa macular han demostrado defectos precoces en el proceso glaucomatoso, algunas veces incluso antes de que este afectado el campo visual. Teniendo en cuenta que estas funciones visuales están ampliamente mediadas por las fibras maculares, la visión central puede estar afectada en el glaucoma más temprano y con mayor frecuencia de lo que previamente se creía (Stamper, 1989)

Varios trabajos psicofísicos que se comentarán a continuación han revelado pérdidas en la sensibilidad al contraste espacio-temporal en la vía visual foveal en muchos pacientes hipertensos oculares. Desafortunadamente, no hay estudios longitudinales de estos pacientes para evaluar el valor predictivo de estos tests.

Sin embargo, la utilidad de la sensibilidad al contraste para detectar defectos visuales en el glaucoma es controvertida ya que se han realizado numerosas investigaciones sobre su relación con resultados divergentes. Algunas de las inconsistencias están asociadas con diferencias en el tipo de método psicofísico empleado,

el tamaño de la muestra y el uso de diferentes tipos de instrumentos. Estas condiciones de los estudios hace que la comparación entre publicaciones sea dificultosa. Sin embargo, estos test psicofísicos pueden proporcionar una medida más sensible del defecto visual en los estados iniciales del glaucoma que los resultados obtenidos con la perimetría cinética más convencional (Ross, 1985).

Los deficits de sensibilidad al contraste encontrados en el glaucoma, normalmente abarcan un rango amplio de frecuencias espaciales, y por ello una pérdida en las frecuencias espaciales bajas, que serían las que corresponden funcionalmente a una lesión de las fibras magnocelulares, puede no ser evidente. Los datos clínicos y experimentales implican que, por razones desconocidas, el daño visual glaucomatoso envuelve predominantemente el nexo neuronal del canal magnocelular desde la retina hasta el núcleo geniculado lateral. (Bodis-Wollner, 1989)

Por otra parte, pérdidas en las frecuencias espaciales altas también ocurren en otras muchas enfermedades (Bodis-Wollner, 1981), y de la comparación de los resultados de sensibilidad al contraste en los ojos glaucomatosos con los de otras muchas patologías, parece que la diferencia puede estar en la región de las frecuencias bajas. Además, la pérdida de la sensibilidad al contraste en las frecuencias

altas no distingue el glaucoma de otras muchas condiciones, incluyendo el efecto de la edad y la pobre respuesta acomodativa.

Asimismo, otras causas de disminución de la sensibilidad al contraste como las cataratas y la ambliopía son comunes en los pacientes glaucomatosos, por lo que dichas alteraciones se deben excluir cuidadosamente antes de hacer conclusiones sobre los resultados del examen de la sensibilidad al contraste (Hyvarinen et al., 1983)

A continuación exponemos nuestras reflexiones sobre el debate existente en la literatura debido a las diferencias de resultados obtenidas entre investigaciones que trabajan con población en edad de riesgo y enfermedad y los que trabajan con población ocular sana.

En los distintos estudios se han encontrado tres grupos diferentes de defectos en los ojos glaucomatosos: defectos en las frecuencias espaciales bajas, defectos en la frecuencias altas, o defectos en todas las frecuencias.

Arden (1978) y Arden y Jacobson (1978) están entre los primeros que informaron de la influencia de las enfermedades retinianas sobre el umbral del contraste de la red utilizando las láminas de Arden. Estos autores sugirieron que la sensibilidad al contraste en los sujetos

glaucomatosos estaba deprimida en todas las frecuencias espaciales examinadas, particularmente en las frecuencias espaciales a 3,2 y 6,4 ciclos/grado. También notaron una correlación positiva entre el grado de pérdida de sensibilidad al contraste y la extensión del daño del campo visual en los pacientes glaucomatosos. A pesar de este descubrimiento, en otros estudios las láminas de Arden no pudieron demostrar diferencias significativas entre pacientes con glaucoma e hipertensos y grupos de población normal de igual edad (Sokol et al., 1981).

Stamper et al. (1982) utilizaron igualmente el test de sensibilidad al contraste de Arden en 164 pacientes, encontrando una pérdida estadísticamente significativa del valor medio total de sensibilidad al contraste en los ojos sospechosos de glaucoma y ojos glaucomatosos cuando se comparaban con los ojos normales. Sin embargo, el rango de sensibilidad al contraste en cada uno de estos grupos era muy amplio, y había un considerable solapamiento en la sensibilidad al contraste en los tres grupos, es decir, muchos sujetos normales tenían valores de sensibilidad al contraste que eran menores que aquellos de muchos pacientes glaucomatosos y viceversa, y los autores no pudieron establecer un valor de corte que pudiera separar satisfactoriamente los grupos. Las frecuencias espaciales altas no parecían estar más afectadas que las frecuencias

bajas. Sus descubrimientos fueron similares a los encontrados por otros autores (Motolko y Phelps, 1984; Hitchings et al., 1981; Lundh, 1985), que establecieron una correlación entre lesión glaucomatosa y valores de sensibilidad al contraste, pero cuyos valores no han permitido todavía, predecir el futuro desarrollo de glaucoma basandose en ellos solamente. Hitchings et al. también encontraron una buena correlación entre los resultados de las láminas de Arden y la relación entre excavación y papila (E/P) en una serie de pacientes glaucomatosos.

Por otra parte, Lundh BL. (1985b) midió la sensibilidad al contraste central estática determinada con las láminas de Arden y con un método osciloscópico y con ninguno de los métodos pudo discriminar un grupo de pacientes con glaucoma de un grupo normal de la misma edad.

La mayoría de los estudios anteriormente comentados de sensibilidad al contraste en ojos glaucomatosos, sugieren que está presente un defecto y que este defecto puede ocurrir relativamente temprano en la enfermedad. Sin embargo, el empleo de las láminas de Arden ha dado resultados variables y no ha probado ser de gran especificidad diagnóstica.

Utilizando terminales de video, Motolko y Phelps, 1984 y Ross, 1985 informaron que la sensibilidad al contraste espacial medida solamente en la zona de visión central puede estar alterada muy temprano en el glaucoma incluso antes de que las pérdidas de campo visual sean detectables. Sobre estas bases, Motolko y Phelps especularon que la sensibilidad al contraste y la sensibilidad luminosa periférica podía estar dañada por diferentes mecanismos. Estos mismos autores encontraron que la disminución de sensibilidad al contraste parecía correlacionarse con la severidad del glaucoma.

Ross, antes mencionado, comparó la sensibilidad al contraste de 50 sujetos glaucomatosos con 93 sujetos normales estratificados por edades, revelando el análisis de la varianza una diferencia significativa entre la respuesta de sensibilidad al contraste del grupo control y del grupo glaucomatoso para las seis frecuencias espaciales. Alrededor del 60% de los pacientes con hipertensión ocular mostraron una sensibilidad al contraste reducida, mayor de dos veces la desviación estándar respecto del grupo control normal de igual edad. Asimismo un pequeño número de pacientes presentó atenuación en las frecuencias espaciales bajas y una respuesta normal en las frecuencias espaciales altas.

También informaron que para redes estáticas, el pico de la C.S.F. tuvo la mayor capacidad para detectar el glaucoma en los estados iniciales de la enfermedad, ya que fué donde se encontró la mayor reducción en sensibilidad, y para la mitad de los glaucomatosos el pico se desplazó hacia frecuencias menores.

Estos resultados son cuestionables debido a que no tuvieron en cuenta la influencia negativa de un tamaño pupilar reducido, y de la agudeza visual sobre la sensibilidad al contraste. Mientras que en el grupo glaucomatosos el tamaño pupilar medio era de 2,8 mm con un rango entre 1,5 y 6,0 mm, en el grupo control el diámetro pupilar medio era de 4,5 mm. En cuanto a los valores de agudeza visual en el grupo con glaucoma el rango estaba entre 0,1 y 1 y en el grupo normal la agudeza visual media era de 0,6 o mejor para cada ojo por separado. Además en el grupo de edad avanzada aceptaban sujetos con un grado o 2 de esclerosis nuclear.

En el mismo estudio, los pacientes con defectos medios de campo visual (glaucoma precoz) mostraron una disminución de la sensibilidad al contraste en las frecuencias medias y altas, mientras que los pacientes con defectos de campo visual más avanzados tuvieron una sensibilidad al contraste reducida en todo el rango de frecuencias espaciales.

Otras investigaciones han mostrado que las frecuencias espaciales altas son más susceptibles al daño glaucomatoso, mostrando diferencias significativas entre ojos glaucomatosos, ojos con hipertensión ocular y ojos control normal y han referido que los métodos osciloscópicos y el Vistech discriminan igualmente bien los glaucomatosos de los ojos hipertensos oculares (Bron, 1989).

Otros, sin embargo, continúan sin encontrar diferencias significativas, ya que eran demasiado pequeñas para tener valor diagnóstico, o diferencias que eran difíciles de interpretar. Korth et al. (1989) en 32 ojos glaucomatosos, sólo han encontrado pequeñas reducciones en la sensibilidad al contraste, medida electrónicamente, a frecuencias espaciales altas en el grupo inferior a 50 años, pero no en los ojos de pacientes de más edad cuando se comparaban con ojos normales.

Por otra parte, Wood y Lovie-Kitchin (1992) han investigado la eficacia relativa de las medidas de sensibilidad al contraste tanto con técnicas osciloscópicas como con técnicas impresas para la identificación de los pacientes con glaucoma precoz de ángulo abierto, encontrando que el pico de la C.S.F. muestra el máximo nivel de especificidad y sensibilidad para diferenciar entre pacientes glaucomatosos y normales.

Teoh et al. (1990) han comparado la sensibilidad al contraste de 28 pacientes con glaucoma crónico de ángulo abierto con la de 41 sujetos normales control de similar edad y agudeza visual (6/9 o mejor), utilizando un sistema electrónico de medida y llevando el sujeto la corrección refractiva apropiada cuando era necesario. En el 39% de los ojos con glaucoma crónico simple las frecuencias espaciales medias y bajas resultaron las más alteradas, mientras que las frecuencias altas permanecieron relativamente igual como era esperable, debido a su estrecha correspondencia con los valores de agudeza visual. Además este descubrimiento está de acuerdo con la presencia de pérdidas de campo visual paracentrales en el glaucoma y la preservación última de la agudeza visual.

Podríamos decir que los resultados dispares encontrados en los estudios precedentes pueden, en parte, ser causados por la selección de pacientes, diferencias en la metodología, y por el insuficiente control de otras variables que pueden afectar la C.S.F. y que podrían haber confundido la interpretación.

En relación a las investigaciones que han utilizado el test de sensibilidad al contraste VCTS de Vistech, el mismo que nosotros hemos empleado en este trabajo, pasamos a comentarlas a continuación.

Adams et al. (1987) han informado que existe una depresión de la sensibilidad al contraste tanto en los hipertensos oculares como en sujetos con glaucoma en todas las frecuencias espaciales y que esta era significativa ($p > 0,02$) para los ojos glaucomatosos respecto del grupo de ojos sanos, aunque los resultados medios de estos grupos estaban en una desviación standard de la media de aquellos del grupo normal y siempre menor de 0,2 unidades logarítmicas, aunque es preciso decir que en este trabajo no se informa de la edad de la población.

Estos resultados fueron confirmados por Sponsel et al. (1991) con el mismo método del Vistech, que informaron de los resultados en 60 sujetos: 31 pacientes con defecto glaucomatoso, 13 sospechosos, y 16 normales. Las C.S.F. en los tres grupos estaban solapadas y tampoco encontraron ninguna diferencia significativa entre los grupos a cualquiera de las cinco frecuencias espaciales, sin embargo, las edades de los pacientes en este estudio no se menciona, y los menores resultados de los pacientes más ancianos podrían haber estado ocultos en la media de los resultados, debido a los mejores valores que suele presentar el grupo de edad más joven.

Igualmente el estudio de Mäntyjärvi y Teräsvirta (1993), ha medido la sensibilidad al contraste con el

Vistech en 48 pacientes de 60 a 69 años con hipertensión ocular y glaucoma y ha comparado los resultados de sensibilidad al contraste con un grupo control de 16 personas de igual edad, no encontrando diferencias significativas en la sensibilidad al contraste entre los grupos glaucomatosos, sospechosos y normal en cualquiera de las frecuencias espaciales, aunque el grupo de nuevos glaucomatosos fué el que tuvo los menores resultados, pero no diferían significativamente del grupo control. Concluyeron que el test no podía separar los ojos glaucomatosos o hipertensos de los normales.

Sample et al. (1991) evaluaron la función de sensibilidad al contraste usando el sistema Vistech en ojos sanos, ojos con hipertension ocular y ojos glaucomatosos igualados por edad y densidad del cristalino. La edad media era de 60 años y los pacientes sospechosos de glaucoma tenían campos visuales normales y disco óptico normal con P.I.O. superior a 24 mm Hg en al menos dos ocasiones separadas.

En este estudio, en un intento de aislar los cambios en la C.S.F. causados principalmente por la presencia del glaucoma de ángulo abierto, controlaron la agudeza visual (todos los sujetos tenían agudeza visual corregida de 6/6), tamaño pupilar (se excluyeron pupilas inferiores a 3 mm),

refracción, enfermedad ocular que no fuera glaucoma, historia quirúrgica ocular, y medicación, para de esta manera reducir cualquier diferencia entre el grupo de pacientes sanos, hipertensos y pacientes con glaucoma de ángulo abierto.

Los autores, después de estos controles, encontraron una reducción general en la sensibilidad al contraste para los ojos glaucomatosos con una diferencia significativa en la media de la sensibilidad al contraste a 3 ($p < 0,004$), 12 cpd ($p < 0,01$), y 18 ($p < 0,036$) ciclos/grado. Los ojos con hipertensión ocular no fueron significativamente diferentes de los ojos normales a ninguna de las frecuencias espaciales. Los valores medios de los ojos glaucomatosos no disminuyeron más de una desviación estándar de los valores correspondientes a los ojos sanos, aunque pacientes específicos si lo hicieron.

También se notaron diferencias significativas a varias frecuencias espaciales cuando se cuido menos el control para los efectos de la edad y opacidad del cristalino. Este trabajo sugiere que cuando los sujetos se igualan por edad y opacidad de cristalino, las diferencias aparentes entre grupos desaparecen.

Ortueta y Fuente (1993) también han utilizado el Panel impreso VCTS y han comparado la sensibilidad al contraste de 105 ojos de pacientes normales con edad media de 24 ± 2.12 años con 44 ojos de pacientes con glaucoma crónico simple con edad media de 70 años, y con P.I.O. dentro de los límites de normalidad, y han encontrado que en los ojos con glaucoma existen diferencias significativas de sensibilidad al contraste respecto de los ojos normales en todas las frecuencias espaciales con $p < 0,01$. Sin embargo, no han estratificado por grupos de igual edad para realizar la comparación, con lo cual, en el grupo de ojos glaucomatosos con edades superiores a 50 años la sensibilidad al contraste estaría afectada por este factor.

Por otra parte estos autores han establecido dos grupos en función de la agudeza visual, uno con valores iguales o superiores a 0,8, con ligera alteración campimétrica, y discreta excavación papilar en el que se observó principalmente una alteración de las frecuencias medias (6 y 12 c/g), aunque en todas las frecuencias existía una significación estadística, y otro grupo con agudeza visual entre 0,1 y 0,4 con alteraciones campimétricas severas y excavación papilar profunda en el que estaban afectadas todas las frecuencias espaciales sobre todo las frecuencias espaciales altas, seguramente debido a la escasa agudeza visual del grupo.

En resumen, independientemente de los problemas derivados de la utilización de diferentes metodologías y del significativo solapamiento entre sujetos normales y pacientes con glaucoma, la mayoría de los estudios coinciden al indicar algún defecto en la sensibilidad al contraste espacial en el grupo de pacientes con glaucoma, y en alguno de los estudios, estos defectos están correlacionados con la severidad del daño glaucomatoso. Asimismo, otras investigaciones incluso han informado de pérdidas de la sensibilidad al contraste espacial antes de que se puedan demostrar pérdidas de campo visual, aunque el significado de esta última observación tendrá que esperar estudios longitudinales.

Frente a todo este debate, en nuestro estudio, teniendo en cuenta que nuestra población es joven y sana frente al glaucoma, hemos encontrado una correlación (0,73) positiva significativa ($p < 0,05$) entre la P.I.O. y los valores de sensibilidad al contraste correspondientes a la frecuencia espacial más baja (1,5 c/g). Aunque para las otras frecuencias no existe significación, se observa una tendencia a disminuir las correlaciones conforme aumenta la frecuencia espacial. Tyler

Cuando hemos comparado la sensibilidad al contraste entre sujetos con valores de P.I.O. normales y sujetos con

hipertensión ocular ($P.I.O. \geq 21$ mm Hg) hemos hallado, al igual que en el análisis de correlaciones, una diferencia significativa para la frecuencia espacial de 1,5 c/g ($p < 0,01$), presentando mejores valores de sensibilidad al contraste los ojos con hipertensión ocular, aunque las diferencias entre los dos grupos son sólo de 0,07 unidades logarítmicas, sin ningún valor clínico y dentro de una desviación estándar del valor de la media normal. No obstante, no tener significación clínica, la existencia de correlación entre los distintos valores de P.I.O. encontrados nos informa sobre los hechos biológicos que suceden, habida cuenta de que en nuestra población no se han superado los 45 años de edad, límite en relación con las edades más avanzadas de riesgo en el glaucoma. Además de todo lo anterior se da la circunstancia que hemos encontrado que para esta misma frecuencia (1,5 c/g) los valores de sensibilidad al contraste son ligeramente mejores en las personas con antecedentes familiares de glaucoma, aunque las diferencias en este último caso no son significativas.

Coincidimos con Stamper (1989) en que se necesitan más estudios para definir el lugar de las medidas de sensibilidad al contraste en el diagnóstico y seguimiento del glaucoma, y que independientemente del valor pronóstico y diagnóstico de estos test, la alteración de la función

visual central puede ocurrir relativamente temprano en el curso del glaucoma.

Por otra parte, ninguno de los más rigurosos métodos de control de la sensibilidad al contraste estática ha revelado un patrón consistente de pérdida en los sujetos con glaucoma típico o sospechoso. El amplio rango de defectos en los ojos glaucomatosos sugiere que pueden estar operando mecanismos adicionales que afectan a las pérdidas de sensibilidad al contraste. Por eso pensamos sería necesario conocer como esta afectada la sensibilidad al contraste, en las fases más iniciales de la enfermedad, antes de que se desarrollen defectos menos específicos que alteren la sensibilidad al contraste en un rango más amplio de frecuencias espaciales.

VII- CONCLUSIONES

De los datos epidemiológicos anteriormente expuestos de su discusión e interpretación, en relación con aportaciones anteriores sobre el tema de investigación, pueden deducirse las siguientes conclusiones:

1-El estudio descriptivo de la población investigada permite afirmar que la agudeza visual promedio obtenida supera ligeramente la unidad con una desviación estándar muy baja, siendo la miopía el defecto de refracción más frecuente, como es habitual en poblaciones de jóvenes estudiantes.

2-La sensibilidad al contraste presentada está dentro del patrón normal esperable para el intervalo de edad de población universitaria.

3-Los valores medios de presión intraocular y el porcentaje de ojos con tonometrías superiores a 20 mm Hg coinciden con los obtenidos en otras poblaciones de la misma edad.

4-Tanto el hábito de fumar como el consumo de más de tres bebidas con cafeína al día es significativamente menos frecuente en el grupo de edad más joven, sin que hayan existido diferencias entre sexos.

5-En relación a las variables de persona, el rango de edades de nuestra población no tiene influencia sobre la sensibilidad al contraste. Asimismo el sexo tampoco influye excepto en el caso de los emétopes, donde los varones presentan unos valores ligeramente superiores a las mujeres en la frecuencia espacial más baja. La sensibilidad al contraste a frecuencias intermedias es ligeramente menor en las personas con antecedentes familiares de glaucoma.

6-El hábito de fumar disminuye ligeramente la sensibilidad al contraste en la frecuencia espacial más baja. En relación con el consumo de cafeína y con el de ambos hábitos asociados, se obtienen resultados equivalentes.

7-La agudeza visual tiene un efecto muy significativo sobre la sensibilidad al contraste, fundamentalmente en las frecuencias intermedias y altas.

8-Los ojos con miopía corregida superior a dos dioptrías, han presentado una sensibilidad al contraste disminuida en las frecuencias espaciales intermedias y altas, mientras que en los astigmatismos corregidos solamente ha disminuido en las frecuencias altas.

9-Las personas corregidas con gafas han presentado una sensibilidad al contraste similar a la de las personas

emétropes, sin embargo, los usuarios de lentes de contacto tienen aquella sensibilidad disminuida significativamente a las frecuencias espaciales intermedias y altas aún con agudeza visual unidad, posiblemente debido al envejecimiento de la lente por el uso, lo cual hace útil el test de sensibilidad al contraste para el seguimiento preventivo de la función visual en estos usuarios.

10-Existe asociación entre todos los valores de sensibilidad al contraste en las diferentes frecuencias espaciales, coincidiendo el patrón de correlaciones con el referido en otras investigaciones, y siendo más elevado entre frecuencias próximas.

11-No existe influencia de las variables de persona ni del hábito de fumar ni del consumo de cafeína sobre los valores tonométricos. Asimismo la distribución de estas variables en relación con los límites de normalidad de la presión intraocular no es significativa, salvo en lo que refiere a la edad donde se aprecia un incremento importante del porcentaje de "hipertensos" a partir de los 25 años.

12-La agudeza visual, el estado refractivo y el tipo de corrección óptica no muestran una influencia significativa en la presión intraocular, ni tampoco sobre la distribución

de aquellas variables en relación con los niveles de normalidad tonométricos.

13-Hay una asociación positiva entre los valores de presión intraocular y de sensibilidad al contraste en la frecuencia espacial más baja, que sugiere la posible influencia de la presión intraocular sobre el sistema magnocelular de la retina. Además para esta frecuencia espacial presenta mayor sensibilidad al contraste la población con valores tonométricos superiores a 20 mm Hg.

14-Para el estudio de la función visual en la población joven, como se deduce del análisis de los factores que influyen sobre la sensibilidad al contraste, sería suficiente examinar una frecuencia espacial baja, otra correspondiente al máximo de sensibilidad y por último, o bien una frecuencia espacial alta o la agudeza visual. Además esta exploración podría ser de utilidad para la detección precoz del glaucoma de ángulo abierto junto a otros tests, lo cual permitiría incluirlo como herramienta para la Salud Pública.

VIII- BIBLIOGRAFÍA

- 1- Abdalla MI, Hamdi M. (1970) Aplanation ocular tension in myopia and emmetropia. *Br. J. Ophthalmol.* 54:122-5.
- 2- Adams AJ, Heron F, Husted R. (1987) Clinical measures of central visual function in glaucoma and ocular hypertension. *Arch Ophthalmol*; 105: 782
- 3- Adams BA, Brubaker RF. (1990) Caffeine has no clinically significant effect on aqueous humor flow in the normal human eye. *Ophthalmology*. Aug. 97(8) 1030-1.
- 4- Airaksinen PJ, Drance SM, Douglas GR et al. (1984) Diffuse and localized nerve fiber layer loss in glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 98: 566-751.
- 5- Alsbirk PH. (1970) Primary glaucoma in Greenland (Umanaz district). I. Introduction: The normal intraocular pressure. *Acta Ophthalmol.* 48: 1061-1079.
- 6- Anderson DR, Grant WM. (1973) The influence of position on intraocular pressure. *Invest. Ophthalmol.* 12: 204.
- 7- Anderson DR. (1989) Glaucoma: the damage caused by intraocular pressure. XLVI Edward Jackson memorial lecture. *Am. J. Ophthalmol.* 108: 485-95.
- 8- Applegate RA, Massof RW. (1975) Changes in the contrast sensitivity function induced by contact lens Wear. *Am J Optom Physiol Opt.* 52: 840-6.
- 9- Arden GB and Jacobson JJ. (1978) A simple grating test for contrast sensitivity: preliminary results indicate value in screening for glaucoma. *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.* 17: 23.

- 10- Arden, G B. (1978) The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. Br. J.Ophthal. 62: 198-209.
- 11- Armaly M F. (1965) On the distribution of applanation pressure. Statistical features and the effect of age, sex, and family history of glaucoma. Arch. Ophthalmol. 73: 11-8.
- 12- Armaly MF. (1967) Age and sex correction of applanation pressure. Arch Ophthalmol. 78: 480-484.
- 13- Armaly MF. (1967) The genetic determination of ocular pressure in the normal eye. Arch. Ophthalmol. 78: 187.
- 14- Atkin A, Bodis-Wollner I, Podos S. (1983) Flicker threshold and pattern VEP latency in ocular hypertension and glaucoma. Invest Ophthalmol Vis Sci. 24: 76-80.
- 15- Atkin A, Bodis-Wollner I, Wolkenstein M, Moss A., Podos SM. (1979) Abnormalities of central contrast sensitivity in glaucoma. Am J Ophthalmol. 88: 205-211.
- 16- Atkin A, Wolkenstein M, Bodis-Wollner I, et al. (1980) Intraocular comparison of contrast sensitivities in glaucoma patients and suspects. Br J Ophthalmol 64: 858-862.
- 17- Atkinson J, Braddick O, Moar K. (1977) Development of contrast sensitivity over the first 3 months of life in the human infants. Vision Res. 17: 1037-1044.
- 18- Ayala JM, Ruiz JM, Artola A, Mulet ME, Alio JL. (1990) Tonometría neumática versus tonometría por aplanación análisis crítico. Arch Soc Esp Oftal. 59: 29-36.

- 19- Bahna S, Bjerkedahl T. (1948) Smoking and intraocular pressure. *American Journal of Ophthalmology*. 31: 1597.
- 20- Balwantray CC, Henson DB. (1988) Clinical evaluation of the non-contact tonometer Mark II. *Am J Optom Physiol Opt*. 64: 751-56.
- 21- Barlow HB. (1953) Summation and inhibition in the frogs retina. *J Physiol*. 119: 69-88.
- 22- Bauer GT. (1980) Longitudinal spherical aberration of modern ophthalmic lenses and its effect on visual acuity. *Appl Opt*. 19: 2226-34.
- 23- Beazley, Illingworth. (1980) Contrast sensitivity in children and adults. *Br J Ophthalmol*. 64: 863-6.
- 24- Bengtsson B. (1972) Some factors affecting the distribution of intraocular pressures in a population. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 50: 23.
- 25- Bengtsson B. (1981) Aspects of the epidemiology of chronic glaucoma. *Acta Ophthalmol. (suppl.)*. 146: 1-48.
- 26- Bernstein IH and Brodrick, J. (1981) Contrast sensitivities through spectacles and soft contact lenses. *Am J Opt Physiol Opt*. ,58,309-315.
- 27- Blakemore C and Campbell FW. (1969) On the existence of neurons in the human visual system selectively sensitive to the orientation and size of retinal images. *Journal of Physiology*. 203: 237-260.
- 28- Block DJ, Evans D. (1993) Large sample norms for contrast sensitivity for school age children. *J Optometric Vision Development*. 24: 21-25.

- 29- Bodis-Wollner I, Diamond S. (1976) The measurement of spatial contrast sensitivity in cases of blurred vision associated with cerebral lesions. *Brain*. 99: 965-710.
- 30- Bodis-Wollner I, Camisa JM. (1980) Contrast sensitivity measurement in clinical diagnosis. In: Lessell S, Van Dalen JTW, eds. *Neuro-Ophthalmology: A series of critical surveys of the international literature*. Vol 1. Amsterdam: Excerpta Medica. 373-401.
- 31- Bodis-Wollner I. (1972) Visual acuity and contrast sensitivity in patients with cerebral lesions. *Science*. 178: 769-771.
- 32- Bodis-Wollner I. (1981) Differences in low and high spatial frequency vulnerabilities in ocular and cerebral lesions, in Maffei L (ed): *Pathophysiology of the visual system*. The Hague. Dr W Junk, pp 195-204.
- 33- Bodis-Wollner I. (1989) Electrophysiological and psychophysical testing of vision in glaucoma. *Surv Ophthalmol*. 33 SupplP 301-7.
- 34- Bodis-Wollner, I. (1980) Detection of visual defects using the contrast sensitivity function. *Int Ophthalmol Clin*. 20: 135-153.
- 35- Bonomi L, Baravelli S, Cobbe C, Bomazzoli L. (1991) Evaluation of Keeler Pulsair non-contact tonometry: reliability and reproducibility. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 229(3): 210-2.
- 36- Bonomi L, Mecca E, Massa F. (1982) Intraocular pressure in myopic anisometropia. *Internat. Ophthalmol*. 5: 145.
- 37- Bradley A, Freeman RD. (1982) Contrast sensitivity in children. *Vision Res*. 22: 953-9.

- 38- Bradley A, Hook J, Haeseker J. (1991 a) A comparison of clinical acuity and contrast sensitivity charts: effect of uncorrected myopia. *Ophthalmic Physiol Opt.* 11(3). P 218-26.
- 39- Bradley A, Thomas T, Kalaher M, Hoerres M. (1991b). Effects of spherical and astigmatic defocus on acuity and contrast sensitivity: a comparison of three clinical charts. *Optom Vis Sci.* 68 (6): 418-26.
- 40- Brencher HL, Kohl P, Reinke AR, Yolton RL. (1991) Clinical comparison of air-puff and Goldmann tonometers. *J Am Optom Assoc.* 62(5): 395-402.
- 41- Bron AJ. (1989) Contrast sensitivity changes in ocular hypertension and early glaucoma. *Surv Ophthalmol.* 33(suppl): 405.
- 42- Brooser G, Anda L, Ahi O, Papp L. (1978) Experience with the non contact tonometer. *Szemeszet.* 115: 129.
- 43- Brown B and Lovie-Kitchin JE. (1989) High and low contrast acuity and clinical contrast sensitivity tested in a normal population. *Optom Vision Sci.* 66: 467-473.
- 44- Brown V, Doran RM and Woodhouse JM. (1987) The use of computerized contrast sensitivity, Arden gratings and low contrast letter charts in the assessment of amblyopia. *Ophthalmol Physiol Opt.* 7: 43-51.
- 45- Bulpitt CT, Hodes C, Everitt MG. (1975) Intraocular pressure and systemic blood pressure in the elderly. *Br J Ophthalmol.* 59:717-720.

- 46- Bünning, E. (1964) Cellular and central control. In: The physiological clock: endogenous diurnal rhythms and biological chronometry. Springer-Verlag. 3ª ed, Berlin. Cp 4: 29-38
- 47- Buscemi M, Garavaglia A, Capoferri G, Pece A, et al. (1989) Valutazione clinica dello pneumotonometro Pulsair. Ann Ottalmol. 115: 309-316.
- 48- Campbell F.W. and Green D.G. (1965) Optical and retinal factors affecting visual resolution. J. Physiol. 181: 576-593.
- 49- Campbell FW, Green DG. (1965b) Monocular versus binocular visual acuity. Nature, Lond. 208: 191-192.
- 50- Campbell, FW and Gubisch, RW. (1966) Optical quality of the human eye. J Physiol. 186: 558-578.
- 51- Campbell, FW and Maffei, L. (1974) Contrast and spatial frequency. Sci. Am. 231:106-114.
- 52- Campell FW, Robson JG. (1968) Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. J. Physiol. 197: 551.
- 53- Capilla P, Martínez-Corral M, García JA. (1990) Calibrado del "vision contrast test system (VCTS)" a diferentes niveles de luminancia. Ver y Oir. 48: 39-46.
- 54- Carel RS, Korczyn AD, Rock M, Goya I. (1984) Association between ocular pressure and certain health parameters. Ophthalmology. 91: 311.
- 55- Charman, WN. (1979) Effect of refractive error in visual tests with sinusoidal gratings. Br. J. Physiol. Opt. 33:10-20.

- 56- Climenhaga H, Plucinska H. (1989) Comparison of the Pulsair noncontact tonometer and the Goldmann applanation tonometer. *Can J Ophthalmol.* 24(1): 7-9.
- 57- Cockburn DM. (1982) The prevalence of ocular hypertension in patients of an optometrist and the incidence of glaucoma occurring during long-term follow-up of ocular hypertensives. *Am J Optom Physiol Opt.* 59: 330-7.
- 58- Cohen, A. (1988) La retina. Moses, R. and Hart, W. Adler Fisiología del ojo: Aplicación clínica. Octava edición. Panamericana. Buenos Aires. 19: 516-527.
- 59- Coleman DJ, Trokel S. (1969) Direct-recorded intraocular pressure variations in a human subject. *Arch. Ophthalmol.* 82: 637.
- 60- Colton T, Ederer F. (1980) The distribution of intraocular pressures in the general population. *Surv. Ophthalmol.* 25: 123-9.
- 61- Comerford J P. (1983) Vision evaluation using contrast sensitivity functions. *Am J Opt Physiol Opt.* 60(5): 394-398.
- 62- Cook J, Friberg TR. (1984) Effect of inverted body position on intraocular pressure. *Am. J. Ophthalmol.* 98: 784.
- 63- Cornsweet, TN. (1970) Visual Perception. New York: Academic Press Inc. Capítulo 12.
- 64- Corwin TR, Richman JE. (1986) Three clinical tests of the spatial contrast sensitivity function: a comparison. *Am J Optom Physiol Opt.* 63: 413-8.

- 65- Costagliola C, Trapanese A, Pagano M. (1990) Intraocular pressure in a healthy population: a survey of 751 subjects. *Optom Vis Sci.* Mar. 67(3). P 204-6.
- 66- Daubs J G, Crick R P. (1981) Effect of refractive error on the risk of ocular hypertension and open-angle glaucoma. *Trans Ophthalmol Soc U.K.* 101: 121-126.
- 67- David R, Zangwill L, Stone D, Yassur Y. (1987) Epidemiology of intraocular pressure in a population screened for glaucoma. *Br.J.Ophthalmol.* 7: 766-771.
- 68- David R, Zangwill LM, Tessler A, Yassur Y. (1985) The correlation between intraocular pressure and refractive status. *Arch Ophthalmol.* 103: 1812-5.
- 69- Davis R. (1989) Does caffeine ingestion affect intraocular pressure? (letter) *Ophthalmology.* 96: 1680-1.
- 70- De Lange H. (1958) Research into the dynamic nature of the human fovea-cortex system with intermittent and modulated lighth. I. Attenuation characteristics with white and colorem light. *J Opt Soc Am.* 48: 777-784.
- 71- De Valois, RL. (1977) Spatial tuning of LGN and cortical cells in monkey visual system. In *Spatial contrast*, pp. 60-63. Edited by H. de Spekreijse and L. H. van der Tweel. North Holland: Amsterdam.
- 72- Departamento de Sanidad y Seguridad Social de la Generalidad de Cataluña: Informe: El tabaquismo en Cataluña. Serie de Informes Técnicos. Barcelona, 1983. (buscar ref 1990)
- 73- Derby H. (1880) Near sight in the young. *Boston Med Surg J.* 102 (b): 620-621.

- 74- Derefeldt F. D., Lennerstrand G. and Lundh B. (1979) Age variations in normal human contrast sensitivity. *Acta Ophthalmol.* 57: 679-690.
- 75- Dobson JS, Davison PA. (1980) A new rapid test of contrast sensitivity function utilizing spatial bandwidth equalization. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 19: 213-7.
- 76- Drance SM. (1981) Early disturbances of color vision chronic open angle glaucoma. *Doc Ophthalmol.* 26: 155-159.
- 77- Dressler M and Rassow B. (1981) Neural contrast sensitivity measurements with a laser interference system for clinical and screening application. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 21: 737-744.
- 78- Duckman R, Fitzgerald D. (1992) Evaluation of intraocular pressure in a pediatric population. *Optometry and Vision Science.* 69: 705-709.
- 79- Duke-Elder S. (1969) *System of Ophthalmology*, Vol XI, Diseases of the lens and vitreous; glaucoma and hypotony. London, Henry Kimpton.
- 80- Duncalf D. (1975) Anesthesia and intraocular pressure. *Trans. Am. Acad. Ophthalmol. Otol.* 79: 562.
- 81- Dunphy EB, Stoll MR, King SH. (1968) Myopia among American male graduate students. *Am J Ophthalmol.* 65: 518-521.
- 82- Edwards M, Brown B. (1993) Intraocular p in a selected sample of myopic and nonmyopic chinese children. *Optometry and Vision Science.* 70: 15-17.
- 83- Elliot D. (1988) Is 6/6 good enough? *Optician.* 196: 18-20.

- 84- Elliot DB, Sanderson K, Conkey A. (1990) The reliability of the Pelli-Robson contrast sensitivity chart. *Ophthal Physiol Opt.* 10: 21-24.
- 85- Elliot DB, Whitaker D. (1992) How useful are contrast sensitivity charts in optometric practice? Case reports. *Optometry and Vision Science.* 69: 378-385.
- 86- Elliot DB. (1987) Contrast sensitivity decline with ageing: a neural or optical phenomenon? *Ophthal Physiol Opt.* 7:415-419.
- 87- Elliott DB, Whitaker D. (1992) Clinical contrast sensitivity chart evaluation. *Ophthalmic Physiol Opt.* 12(3): 275-80.
- 88- Enroth-Cugell CH and Robson JG. (1966) The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat. *Journal of Physiology.* 187: 517-552.
- 89- Fick R. (1988) Ein neues ophthalmotonometer. *Pflugers Arch Ges Physiol.* 42: 159-190. Citado por Forbes M et al.. *Arch Ophthalmol*, 1974
- 90- Fine BJ, Kobrick JL. (1987) Cigarette smoking, field-dependence and contrast sensitivity. *Aviat Space Environ Med.* 58(8): 777-82.
- 91- Fiorentini A, Maffei L. (1976) Spatial contrast sensitivity of miopic subject. *Vis Res.* 16: 437-443.
- 92- Fisher JH, Watson PG y Spaeth G. (1988) A new handheld air impulse tonometer. *Eye.* 2: 238-242.
- 93- Flammar J, Drance SM. (1984) Correlation between color vision scores and quantitative perimetry in suspected glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 102: 38-39.

- 94- Forbes M, Pico G Jr, Grolman B. (1974) A noncontact applanation tonometer. Description and clinical evaluation. Arch Ophthalmol. 91: 134-40.
- 95- Foster A. (1990) Patterns of blindness. In: Tasman W, Jaeger EA, eds. Duane's Clinical Ophthalmology. Philadelphia, PA: JP Lippincott. 5: 1-7.
- 96- Fourier JBJ. (1822) Theorie analytique de la chaleur.
- 97- Frisen L and Sjöstrand. (1978) Contrast sensitivity in optic neuritis: a preliminary report. Documenta Ophthalmol. Proc. Ser. 17: 165-74.
- 98- Genée E. (1972) Direkte messungen des augeninnendruckes am versuchstier nach coffein-gabe. Klin Monatsbl Augenheilkd. 160:605-9.
- 99- Georgeson, MA and Sullivan, GD. (1975) Contrast constancy: deblurring in human vision by spatial frequency channels. J. Physiol. 252: 627-656.
- 100- Gil del Rio, E. (1984) Óptica Fisiológica Clínica: Refracción. 5ª ed. Toray. Barcelona. Cap 15.
- 101- Gilchrist, AL., Delman, S. and Jacobsen, A (1983) The classification and integration of edges as critical to the perception of reflectance and illumination. Percept. Psychophys. 33: 425-436.
- 102- Gimenez JC, Palomar A, Piñero A, Broto MA. (1992) Visión de contraste en los defectos refractivos. Estudio comparativo entre los test tradicionales y el test de contraste. Nuevas bandas de frecuencia. Arch Soc Españ Oftalmol. 63: 503-512.

- 103- Gimeno A, Jimenez R, Ferrer JL, et al. (1988) Planificación y resultados de un programa de prevención del glaucoma. I. Rev San Hig Pub. 62: 1571-1582.
- 104- Ginsburg AP, Cannon MW, Sekuler R, Evans DW, Owsley C, Mulvanny P. (1981) Large-population spatiotemporal contrast sensitivity functions. J Opt Soc Am. 71: 1618.
- 105- Ginsburg AP, Evans DW, Cannon MW, Fullenkamp S. (1980) Individual differences in contrast sensitivity and the visibility of complex objects. Presented at the Topical Meeting on Recent Advances in Vision, Optical Society of America, paper WA-11.
- 106- Ginsburg AP, Evans DW, Cannon MW. (1984) Large-Sample norms for contrast sensitivity. Am J Opt Physiol Opt. 61,80-84.
- 107- Ginsburg AP, Evans DW, Sekuler R, Harp SA. (1982) Contrast sensitivity predicts pilots' performance in aircraft simulators. Am. J. Opt Physiol Opt. 59: 105-108.
- 108- Ginsburg AP. (1978) Visual information processing based on spatial filters constrained by biological data. Air Force Aerospace Medical Research Lab. Tech.Report. AMRL-TR-78-129.
- 109- Ginsburg AP. (1980) Specifying relevant spatial information for image evaluation and display design: an explanation of how we see certain objects. Proc Soc Inform Display. 21: 219-27.
- 110- Ginsburg AP. (1981) Spatial filtering and vision: Implications for normal and abnormal vision, in Proenza LM, Enoch JM, Jampolsky A (eds): Clinical Applications of visual psychophysics. New York, Cambridge Univ Press.

- 111- Ginsburg AP. (1984b) Large-sample norms for contrast sensitivity. *Am J Optom Physiol Opt.* 61: 80-84.
- 112- Ginsburg, AP. (1984) A new contrast sensitivity vision test chart. *Am. J. Opt. Physiol. Opt.* 61(6), 403-407.
- 113- Glezer VD, Cooperman AM, Ivanov VA, and Tscherbach TA. (1976) An investigation into the spatial frequency characteristics of the complex receptive fields in the visual cortex of the cat. *Vision Research.* 16: 789-797.
- 114- Glezer VD, Kostelyanets NB and Cooperman AM. (1977) Composite stimuli are detected by grating detectors rather than by line detectors. *Vision Research.* 17: 1067-70.
- 115- Goedbloed J, Schappert-Kimmijser J, Donders PC, et al. (1961) Frequency distribution of the intraocular pressure in the Netherlands. *Ophthalmologica.* 141: 481-488.
- 116- Goethals M, Missotten L. (1983) Intraocular pressure in children up to five years of age. *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus.* 20: 49.
- 117- Goldmann, H. (1955) Un nouveau tonomètre à a'aplanation. *Bull. Soc. Fr. Ophthalmol. Otolaryngol.* 61: 474-478.
- 118- Goldschmidt E. (1968) On the etiology of myopia. *Acta Ophthalmol, Suppl,* 98.
- 119- Graham, DM. (1978) Caffeine-its identity, dietary sources, intake, and biological effects. *Nutr Rev.* 36: 97-102.

- 120- Graham, P. (1978) Epidemiology of chronic glaucoma. In Heilman, K, and Richardson, KT (eds): Glaucoma. Conceptions of a Disease. Stuttgart, Georg Thieme Publishers, pp. 7-17.
- 121- Grahma P. (1972) Epidemiology of simple glaucoma and ocular hypertension. Br J Ophthalmol. 56: 223-229.
- 122- Green K, Luxenberg MN. (1979) Consequences of eyelid squeezing on intraocular pressure. Am. J. Ophthalmol. 88: 1072.
- 123- Green DG and Campbell FW. (1965) Effect of focus on the visual response to a sinusoidally modulated spatial stimulus. J. Opt. Soc. Am. 55: 1154-1157.
- 124- Greene HA, Madden DJ. (1987) Adult age differences in visual acuity, stereopsis, and contrast sensitivity. American Journal of Optometry and Physiological Optics. 64: 749-753.
- 125- Grolman, BA. (1972) A new tonometer system. Am J Optom Arch Am Acad Optom. 49: 646-60.
- 126- Guillon M, Schock SE. (1991) Soft contact lens visual performance: a multicenter study. Optom Vis Sci. 68, (2): 96-101.
- 127- Harrison JM, Applegate RA, Yates JT, Ballentine C. (1993) Contrast sensitivity and disability glare in the middle years. J Opt Soc Am. 10: 1849-55.
- 128- Hartline HK, Ratliff F. (1957) Inhibitory interaction of receptor units in the eye of Limulus. J Gen Physiol. 40: 357-376.

- 129- Hatch S. (1990) Visual acuity in a prison population. *Optom Vis Sci.* 67 (5): 382-384.
- 130- Henkind P, Leitman M, Weitzman E. (1973) The diurnal curve in man: new observations. *Invest. Ophthalmol.* 12: 705.
- 131- Herse PR, Bedell HE. (1989) Contrast sensitivity for letter and grating targets under various stimulus conditions. *Optom Vision Sci (suppl).* 31:186.
- 132- Hess R. and Woo G. (1978) Vision through cataracts. *Invest Ophthalm Visual Sci.* 17: 428-436.
- 133- Hess R.F. (1984) On the assessment of contrast threshold functions for anomalous vision. *Br. J. Orthop.* 41: 1-14.
- 134- Hess RF and Plant GT. (1986) The psychophysical loss in optic neuritis: spatial and temporal aspects. In: *Optic neuritis* (Hess RF, Plant GT, eds), pp 109-151. Cambridge: Cambridge University Press.
- 135- Higginbotham EJ, Kilimanjaro HA, Wilensky JT et al. (1989) The effect of caffeine on intraocular pressure in glaucoma patients. *Ophthalmology.* 96: 624-6.
- 136- Higgins KE, Jaffe MJ, Caruso RC and DeMonasterio FM. (1988) Spatial contrast sensitivity: effects of age; test-retest and psychophysical method. *J Opt Soc Am. A.* 5: 2173-2180.
- 137- Hiller R, Kahn HA. (1975) Blindness from glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 80: 62-69.
- 138- Hiller R, Sperduto RD, Krueger DE. (1982) Race, iris, pigmentation, and intraocular pressure. *Am. J. Epidemiol.* 115: 674.

- 139- Hirsch MJ, Weimouth FW. (1990). Prevalence of Refractive Anomalies. En Refractive Anomalies. Grosvenor y Flom Eds. Butterworth-Heinemann. Stoneham .
- 140- Hitchings RA, Powell DJ, Arden GB, Carter RM. (1981) Contrast sensitivity gratings in glaucoma family screening. Br J Ophthalmol. 65: 518-524.
- 141- Hollows FC. y Graham PA. (1966) The Ferndale Glaucoma Survey, in Hunt L. B. (ed.): Glaucoma, p 14 (Livingstone/Edimburg).
- 142- Hollows, FC. and Graham, PA. (1966) Intraocular pressure, glaucoma, and glaucoma suspects in a defined population. Br J. Ophthal. 50: 570-586.
- 143- Horner DG, Paul AD, Katz B, Bedell HE. (1985) Variations in the slope of the psychometric acuity function with acuity threshold and scale. Am J Optom Physiol Opt. 62: 805-900.
- 144- Hubel DH, Wiesel TN. (1962) Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. J Physiol (Lond). 160:106-54.
- 145- Hubel, DH. (1982) Exploration of the primary visual cortex, 1955-78. Nature. 299: 515-524.
- 146- Hyvarinen L, Rovamo J, Laurinen P et al. (1983) Contrast sensitivity in monocular glaucoma. Acta Ophthalmol (Copenh). 61: 742-750.
- 147- Imbert A. (1885) Theorie des Ophthalmometers. Arch Ophthalmol. 5: 358-368. Citado por Forbes M et al.. Arch Ophthalmol, 1974

- 148- INE: Encuesta sobre discapacidades, deficiencias y minusvalías, Tomo I y II. Madrid 1987.
- 149- Jain Mr, Marmion VJ. (1976) Rapid pneumatic and Mackay-Marg applantion tonometry to evaluate the postural effect on intraocular pressure. Br. J. Ophthalmol. 60: 687.
- 150- Jiang B, Scialfa CH, Tyrrell R, Garvey P, Leibowitz H. (1990) Bandwith of the contrast sensitivity function as an index of spatial vision with application to refraction. Optometry and Vision Science. 67: 260-267.
- 151- Jiang BC, Scialfa CT, Tyrrell RA et al. (1990) Bandwidth of the contrast sensitivity function as an index of spatial vision with application to refraction. Optom Vis Sci. 67: 260-7.
- 152- Jindra LF, Zemon V. (1989) Contrast sensitivity testing: a more complete assessment of vision. J Cataract Refract Surg. 15(2): 141-8.
- 153- Kahn HA, Leibowitz HM, Ganley JP, et al. (1977) The Framingham Eye Study: 2: Association of ophthalmic pathology with single variables previously measured in the Framingham Heart study. Am J Epidemiol. 106: 33-41.
- 154- Kahn HA, Milton RC. (1989) Revised Framingham Eye Study: prevalence of glauoma and diabetic retinopathy. Amer. J Ophthal Epidemiol. 111: 769-776
- 155- Rao SF, Lichter PR, Bergstrom TJ et al. (1987) Clinical comparison of the oculab tono-pen to the Goldman applanation tonometer. Ophthalmology. 94: 1541-4.
- 156- Kaplan E, and Shapley RM. (1982) X and Y cells in the lateral geniculate nucleus of macaque monkeys. J Physiol. 82: 125-142.

- 157- Kaplan E, Shapley RM. (1986) The primate retina contains two types of ganglion cells, with high and low contrast sensitivity. *Proc Natl Acad Sci USA*. 83:2755-2757.
- 158- Kashgarian M, Packer H, Deutsch AR, Deweese MW, Lewis PM. (1966) The frequency distribution of intraocular pressure by age and sex groups. *JAMA*. 197: 611.
- 159- Kass MA, Zimmerman TJ, Alton E, Lemon L, Becker B. (1978) Intraocular pressure and glaucoma in the Zuni Indians. *Arch. Ophthalmol*. 96: 2212.
- 160- Katavisto M. (1964) The diurnal variations of ocular pressure in glaucoma. *Acta Ophthalmologica Suppl*. 78, Copenhagen.
- 161- Kay CD, Morrison JD. (1987) A quantitative investigation into the effects of pupil diameter and defocus on contrast sensitivity for an extended range of spatial frequencies in natural and homotropinized eyes. *Ophthalm Physiol Opt*. 7: 21-30.
- 162- Kelly DH. (1972) Adaptation effects on spatio-temporal sine-wave thresholds. *Vision Res*. 12: 89-101.
- 163- Kennedy RS, Dunlap WP. (1990) Assessment of the Vistech contrast sensitivity test for repeated-measures applications. *Optom Vis Sci*. 67(4): 248-51.
- 164- Khan J, Graham C. (1991) Effect of contact lens removal or displacement on intraocular pressure. *Arch Ophthalmol*. 109: 825-828.
- 165- Kindler-Loosli C, Schmidt T. (1975) Intraocular pressure after changing the patient's position. *Graefe's Arch. Ophthalmol*. 194: 17.

- 166- Kirkpatrick DL, Roggenkamp JR. (1985) Effects of soft contact lenses on contrast sensitivity. *Am J Optom Physiol Opt.* 62(6).P 407-12.
- 167- Kitazawa Y, Horie T. (1975) Diurnal variations of intraocular pressure in primary open-angle glaucoma. *Am. J. Ophthalmol.* 79: 557.
- 168- Klein BE, Klein R. (1981) Intraocular pressure and cardiovascular risk variables. *Arch. Ophthalmol.* 99: 837.
- 169- Klein BEK, Klein R, Moss SE. (1984) Intraocular pressure in diabetic persons. *Ophthalmology.* 91: 1356.
- 170- Koch D, and Liu JF. (1990) Survey of the clinical use of glare and contrast sensitivity testing. *J Cataract Refract Surg.* 16: 707-711.
- 171- Kohl P, Samek BM, Sabre M. (1989) Intraocular pressure measurements in children birth-5 years of age using the Keeler Pulsair non-contact tonometer. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 30(suppl): 241.
- 172- Kohn AN, Moss AP, Podos SM. (1979) Relative afferent Pupillary defects in glaucoma without characteristic field loss. *Arch Ophthalmol.* 97: 294-296.
- 173- Kolker AE, Hetherington JJr. (1983) *Becker-Shaffer's diagnosis and therapy of the glaucomas.* ST Louis, CV Mosby, ed 5.
- 174- Korth M, Horn F, Storck B, and Jonas J. (1989) Spatial and spatiotemporal contrast sensitivity of normal and glaucoma eyes. *Graefe's Arch clin Exp Ophthalmology.* 227: 428-435.

- 175- Krieger N, Ketcher G, Fulk G. (1988) Physiological variables affecting intraocular pressure in a population study. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 65: 739-744.
- 176- Kronfeld PD, Devney C. (1931) Ein Beitrag zur Kenntnis der Refraktions Kurve. *Albrecht Von Graefes Arch Ophthalmol*. 126: 487.
- 177- Kuffler SW. (1953) Discharge patterns and functional organisation of mammalian retina. *J Neurophysiol*. 16: 37-68.
- 178- Kypke W, Hermannspann U. (1974) Glaucoma physical activity and sport. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 164: 321.
- 179- Land EH, McCann JJ. (1971) Lightness and retinex theory. *J Opt Soc Am*. 61: 1-11.
- 180- Lebowitz HM, Krueger DE, Maunder LR et al. (1980) The Framingham eye study monograph. *Surv Ophthalmol*. 24 (suppl): 335-610.
- 181- Lempert P, Cooper KH, Culver JF, Tredici TJ. (1967) The effect of exercise on aqueous dynamics. *Am. J. Ophthalmol*. 63: 1673.
- 182- Leonard TJK, Kerr-Muir MG, Kirkby GR, Hitchings RA. (1983) Ocular hypertension and posture. *Br. J. Ophthalmol*. 67: 362.
- 183- Leske M C. (1979) Epidemiologic aspects of open-angle glaucoma. *Am. J. Epidemiol*. 109: 250-72
- 184- Leske M C. (1983) The epidemiology of open-angle glaucoma: a review. *American Journal of Epidemiology*. 118:166-191.

- 185- Leske MC, Podgor MJ. (1983) Intraocular pressure, cardiovascular risk variables, and visual field defects. *Am. J. Epidemiol.* 118: 280.
- 186- Levene RZ, Workman PL, Broder SW, Hirschhorn K. (1970) Heriability of ocular pressure in normal and suspect ranges. *Arch Ophthalmol.* 84: 730.
- 187- Levi L, Schwartz B. (1983) Glaucoma screening in the health care setting. *Surv Ophthalmol.* 28 (3): 164-174.
- 188- Leydhecker W, Akiyama K, Neumann HG. (1958) Der intraokulare Druck gesunder menschlicher Augen. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 133: 662.
- 189- Leydhecker W, Krehn E. (1983) Comparison between non-contact tonometer and applanation tonometer. *Z prakt Augen heilkd.* 4: 381-85.
- 190- Leydhecker W. (1959) Zur Verbreitung des glaucoma simplex in der scheinbar gesunden, augenärztztlich nicht behandelten Bevölkerung. *Doc Ophthalmol.* 13: 359.
- 191- Linnér E. (1976) Ocular hypertension. I. The clinical course during ten years without therapy. Aqueous humor dynamics. *Acta Ophthalmol.* 54: 707-720.
- 192- Linnér E. (1980) The natural course of ocular pressure in ocular hypertension. *Surv Ophthalmol.* 25: 136-138.
- 193- Loewen U, Handrup B, Redeker A. (1976) Results of a glaucoma mass screening program. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 169: 754.
- 194- Long GM, Penn DL. (1987) Normative contrast sensitivity functions: the problem of comparison. *Am J Optom Physiol Opt.* 64(2): 131-5.

- 195- Long GM, Tuck JP. (1988) Reliabilities of alternate measures of contrast sensitivity functions. *Am J Optom Physiol Opt.* 65: 37-48.
- 196- Long MG, May PA. (1992) Dynamic visual acuity and contrast sensitivity for static and flickered gratings in a college sample. *Optometry and Vision Science.* 69: 915-922.
- 197- Lundh BL. (1985a) Central and peripheral contrast sensitivity for static and dynamic sinusoidal gratings in glaucoma. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 63: 487-492.
- 198- Lundh BL. (1985b) Central contrast sensitivity tests in the detection of early glaucoma. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 63: 481-486.
- 199- Lyle WM. (1971) Changes in corneal astigmatism with age. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 48: 467-478.
- 200- Maffei L, Fiorentini A, Bisti S. (1974) Neural correlate of perceptual adaptation to gratings. *Science.* 182: 1036-1038.
- 201- Makabe R. (1970) Über die reaktionsdifferenz von normal- und glaukom- augen auf provokationstests. *Ophthalmologica.* 161: 460-5.
- 202- Maklakoff C. (1885) L'Ophthalmotonometrie. *Arch Ophthalmol.* 5: 159-165. Citado por Forbes M et al.. *Arch Ophthalmol*, 1974
- 203- Marmor MF, Gawande A. (1988) Effect of visual blur on contrast sensitivity: clinical implications. *Ophthalmology (Rochester).* 95: 139-43.

- 204- Marr D and Hildreth E. (1980) Theory of edge detection. Proc R Soc Lond B Biol Sci. 207: 187-217.
- 205- McCaghrey FE, McCaghrey GE. (1991) A practice based study of factors influencing intra-ocular pressure. Ophthalmic Physiol Opt. 11(3). P 195-200.
- 206- McGrath C. and Morrison J.D. (1981) The effects of age on spatial frequency perception in human subjects. Q.J. Exp. Physiol. 66: 253-261.
- 207- Mehra KS, Roy PN, Khare BB. (1976) Tobacco smoking and glaucoma. Ann Ophthalmol. 8: 462.
- 208- Merigan WH, Eskin TA. (1986) Spatio-temporal vision of macaques with severe loss of P β retinal ganglion cells. Vision Res. 26: 1751-1761.
- 209- Mitra S, Lamberts DW. (1981) Contrast sensitivity in soft lens wearers. Contact Intraocul Lens Med J. 7: 315-22.
- 210- Morgan RW, Drance SM. (1975) Chronic open-angle glaucoma and ocular hypertension; an epidemiological study. Br J Ophthalmol. 59: 211-5.
- 211- Morrison JD, and McGrath. (1985) Assessment of the optical contributions to the age-related deterioration in vision. Q. J. Exp. Physiol. 70: 249-269.
- 212- Moseley NM, Evans M, Fielder AR. (1989) Comparison of a new non-contact tonometer with Goldmann applanation. Eye. 3: 332-7.
- 213- Moses, R. A., et al. (1984) Proptosis and increase of intraocular pressure in voluntary lid fissure widening. Invest. Ophthalmol. 25: 989.

- 214- Moses, R. A., Lurie, P., and Wette, R. (1982) Horizontal gaze position effect on intraocular pressure. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 22: 551,.
- 215- Moskowitz A, Sokol S, Bardenstein D, Schwartz B. (1985) Performance of ocular hypertension and glaucoma patients on high and low contrast letter charts. *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.* 25 (suppl): 312.
- 216- Motolko MA, Phelps CD. (1984) Contrast sensitivity in asymmetric glaucoma. *Int Ophthalmol.* 7: 45-49.
- 217- Newel FW, Krill AE. (1964) Diurnal tonography in normal and glaucomatous eyes. *Trans. Am. Ophthalmol. Soc.* 62:349.
- 218- OMS: Prevención de la ceguera. Serie de Informes Técnicos, nº 518. Ginebra, 1973.
- 219- Ortueta D, De la Fuente PF. (1993) Resultados de la prueba de sensibilidad al contraste en el glaucoma crónico simple. *Arch Soc Españ Oftalmol.* 64: 379-384.
- 220- Owsley C.,Sekuler R and Siemsen D. (1983) Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Res.* 23,689-699.
- 221- Parnell RW. (1951) Sigth of undergraduates. *Br J Ophthalmol.* 35: 467-472.
- 222- Peczon JD, Grant WM. (1964) Sedatives, stimulants, and intraocular pressure in glaucoma. *Arch. Ophthalmol.* 72: 178-88.
- 223- Peczon JD, Grant WM. (1965) Glaucoma, alcohol, and intraocular pressure. *Arch. Ophthalmol.* 73: 495.

- 224- Pelli DG, Robson JG, Wilkins AJ. (1988) The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. Clin. Visual Sci. 2: 187.
- 225- Pellicer T, Bernabeu JM. (1981) Campaña de detección precoz de glaucoma en población laboral. An Soc Ergof. 4: 295-302.
- 226- Perkins ES. (1965) Glaucoma screening from a public health clinic. Br. J. Ophthalmol. 1: 417.
- 227- Perkins ES. (1973) The Bedford Glaucoma Survey. II. Rescreening of normal population. Br J Ophthalmol. 57: 186-192.
- 228- Perkins, ES, Pheps CD. (1982) Open angle glaucoma, ocular hypertension, low tension glaucoma, and refraction. Arch. Ophthalmol. 100: 1464-7.
- 229- Peters HB. (1961) The relationship between refractive error and visual acuity at three age levels. Am J Optom Physiol Opt. 59: 515-519.
- 230- Phelps CH D. (1986) Glaucoma: General concepts. Thomas D Duane. Clinical Ophthalmology. Philadelphia. Harper & Row Publishers. 42: 1-8.
- 231- Pickford MS, Brandt JD, Sadun AA. (1987) Ultrastructural studies of primate LGN following longstanding unilateral glaucoma. Invest Ophthalmol Vis Sci. 28(suppl): 30.
- 232- Pickford MS, Brandt JD, Sadun AA. (1987) Ultrastructural studies of primate LGN following longstanding unilateral glaucoma. Invest Ophthalmol Visual Sci. 28(suppl): 30.

- 233- Purpura K, Tranchina D, Kaplan E, Shapley RM. (1988) Light adaptation of monkey retinal ganglion cells: Modelling changes in gain and dynamics. ARVO abstract. Invest Ophthalmol Vis Sci. 29(suppl): 297.
- 234- Quigley HA, Addicks EM, Green RW. (1982) Optic nerve damage in human glaucoma III. Quantitative correlation of nerve fiber loss in visual field defect in glaucoma, ischemic neuropathy, papilledema, and toxic neuropathy. Arch. Ophthalmol. 100: 135.
- 235- Quigley HA, Addicks EM. (1982) Quantitative studies of retinal nerve fiber layer defects. Arch. Ophthalmol. 100: 807.
- 236- Quigley HA, Dunkelberger GR, Green WR. (1988) Chronic human glaucoma causing selectively greater loss of large optic nerve fibers. Ophthalmology. 95: 357.
- 237- Quigley HA, Dunkelberger GR, Green WR. (1989) Retinal ganglion cell atrophy correlated with automated perimetry in human eyes with glaucoma. Am. J. Ophthalmol. 107: 453
- 238- Quigley HA, Hendrickson A. (1984) Chronic experimental glaucoma in primates: Blood flow study with iodoantipyrine and pattern of selective ganglion cell loss(abstract). Invest Ophthalmol Vis Sci. 25 (suppl): 225.
- 239- Quigley HA, Sanchez RM, Dunkelberger GR, L'Hernault NL, Baginski TA. (1987) Chronic glaucoma selectively damages large optic nerve fibers. Invest. Ophthalmol. Visual Sci. 28: 913.
- 240- Radtke ND, Cohan BE. (1974) Intraocular pressure measurement in the newborn. Am. J. Ophthalmol. 78: 501.

- 241- Records RE, Brown JL. (1982) Visual acuity, contour resolution, and temporal characteristics of the visual system, in Duane TD, Jaeger EA (eds): Biomedical Foundations of Ophthalmology. Philadelphia, Harper & Row, Chapt 17.
- 242- Regan D, Neima D. (1984) Low contrast letter charts in early diabetic retinopathy, ocular hypertension, glaucoma and Parkinson's disease. Br J Ophthalmol. 68: 885-889.
- 243- Regan D, Raymond J, Ginsburg AP, Murray TJ. (1981) Contrast sensitivity, visual acuity and the discrimination of snellen letters in multiple sclerosis. Brain. 104: 333-50.
- 244- Regan D., Silver R., Murray TJ. (1977) Visual acuity and contrast sensitivity in multiple sclerosis. Hidden visual loss. Brain. 100: 563-79.
- 245- Regan, D. and Neima, D. (1983) Low contrast letter charts as tests of visual function. Ophthalmology. 90: 1192-1200.
- 246- Reiss, G. R., et al. (1984) Aqueous humor flow during sleep, Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 25: 776.
- 247- Ricklefs G, Pöhls E. (1969) Die Wirkung koffeinhaltiger tabletten und von coca-cola auf den i.o. Druck von patienten ohne glaukom und von regulierten glaukomkranken. Klin Monatsbl Augenheilkd. 154: 546-51.
- 248- Robson, JG. (1965) In Mach Bands: Quantitative studies on neural networks in the retina. By F. Ratliff. Holden-Day: San Francisco.

- 249- Rodriguez JJ, Jordano J, Claret A, Sanchez A. (1979) Sobre la influencia de la refracción en la tensión ocular. Arch Soc Esp Oftal. 39 (1): 36-43.
- 250- Rogers GL, Bremer DL, Leguire LE. (1987) Contrast sensitivity functions in normal children with the Vistech method. J of Pediatric Ophthalmol & Strabismus. 2.415: 216-219.
- 251- Rogers GL, Bremer DL, Leguire LE. (1987) The contrast sensitivity function and childhood amblyopia. Am J Ophthalmol. 104: 64-8.
- 252- Roldan M, Laguna BL. (1993) Cambios de sensibilidad retiniana y sensibilidad al contraste con la edad. Arch Soc Españ Oftalmol. 65: 217-222.
- 253- Ross JE, Bron AJ, Clarke DD. (1984) Contrast sensitivity and visual disability in chronic simple glaucoma. Br J Ophthalmol. 68: 821-7.
- 254- Ross JE, Bron AJ, Reeves BL, and Emmerson PG. (1985a) Detection of optic nerve damage in ocular hypertension. Br J Ophthalmol. 69: 897.
- 255- Ross JE, Clarke DD, Bron AJ. (1985) Effect of age on contrast sensitivity function: unocular and binocular findings. Br J Ophthalmol. 69(1): 51-6.
- 256- Ross JE. (1985) Clinical detection of abnormalities in central vision in chronic simple glaucoma using contrast sensitivity. Int Ophthalmol. 8(3): 167-77.
- 257- Ruprecht KW, Wulle KG, Christl HL. (1978) Applanation tonometry within medical diagnostic "check-up" programs. Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 172: 332.

- 258- Salleras L, y Alvarez A. (1991) Tabaco y salud. En: Medicina Preventiva y salud pública. 9ª ed. Salvat editores, Barcelona. Cáp 84.
- 259- Sample PA, Boyton RM, Weinreb RN. (1988) Isolating the color vision loss in primary open-angle glaucoma. Am J Ophthalmol. 106: 686-691.
- 260- Sample PA, Juang PSC, Weinbreb RN. (1991) Isolating the effects of primary open angle glaucoma on the contrast sensitivity function. Am. J. Ophthalmol. 112: 308-16.
- 261- Sanz JC, Gonzalez F, Martínez A, Muñoz MA. (1994) Estado refractivo de jóvenes universitarios. Ver y Oír. 84: 29-34.
- 262- Schade OH Sr. (1956) Optical and photoelectric analog of the eye. J Opt Soc Am. 46: 721-739.
- 263- Schade, OH. (1956) Optical and photoelectric analog of the eye. J. Opt. Soc. Am. 49: 425-428.
- 264- Scharre JE. Cotter SA. Block SS. Kelly SA. Normative contrast sensitivity data for young children. Optom Vis Sci. 1990 Nov. 67(11): 826-32.
- 265- Schell K, Sewell L, Huey S. (1986) Ocular components contributing to myopia and myopia progression in adults. Am J Optom Physiol Opt. 63: 63.
- 266- Scialfa CT, Adams EM, Giovanetto M. (1991) Reliability of the Vistech Contrast Test System in a life-span adult sample. 68: 270-74.
- 267- Scialfa CT, Tyrrell RA, Garvey PM, Deering LM, Leibowitz HW. (1988) Age differences in Vistech near contrast sensitivity. Am J Optom Physiol Opt. 65: 951-6.

- 268- Seddon JM, Schwartz B, Flowerdew G. (1983) Case-control study of ocular hypertension. Arch. Ophthalmol. 101: 891.
- 269- Segal P, Skwierczynska J. (1967) Mass screening of adults for glaucoma. Ophthalmologica. 153: 336.
- 270- Sekuler R, Hutman LP and Owsley C. (1980) Human aging and spatial vision. Science. 209: 1255-1256.
- 271- Sekuler R, Owsley C, and Hutman L.P. (1982) Assessing spatial vision in older patients. Am.J.Optom.Physiol.Opt. 59: 961-968.
- 272- Septon RD. (1984). Myopia among optometry students. Am J Optom Physiol Opt.61, 745-751.
- 273- Shapiro A, Shoenfeld Y, Konikoff F, Udassin R, Shapiro Y. (1981) The relationship between body temperature and intraocular pressure. Ann Ophthalmol. 13: 159.
- 274- Shapley R. (1982) Parallel pathways in the mammalian visual system. Ann. N.Y. Acad. Sci. 388: 11-20.
- 275- Shapley R. (1986) The importance of contrast for the activity of single neurons, the VEP and perception. Vision Res. 26: 45-61.
- 276- Sheedy, JE., Bailey, IL. and Raasch, TW. (1984) Visual acuity and chart luminance. Am. J. Optom. Physiol. Opt. 61: 595-600.
- 277- Shephard RJ, Ponsford E, Basu PK, LaBarre R. (1978) Effects of cigarette smoking on intraocular pressure and vision. Br. J. Ophthalmol. 62: 682.
- 278- Shields MB. (1987) Glaucoma. Ed. Médica Panamericana. 2ª Ed. Buenos Aires. Cap.3.

- 279- Shields MB. (1980) The non-contact tonometer. Its value and limitations. *Surv Ophthalmol.* 24: 211-9.
- 280- Shin DH, Becker B, Kolker AE. (1977) Family history in primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 95: 598-600.
- 281- Shiose Y, and Kawase Y. (1986) A new approach to stratified normal intraocular pressure in a general population. *American Journal of Ophthalmology.* 101: 714-721.
- 282- Shiose Y. (1984) The aging effect on intraocular pressure in an apparently normal population. *Arch. Ophthalmol.* Jun.102(6).P 883-7.
- 283- Shiose Y. (1990) Intraocular pressure: New perspectives. *Surv Ophthalmol.* 34(6): 412-35.
- 284- Sifre B, Sifre J, Sifre Gil B, Rubio A. (1992) Sensibilidad al contraste y lentes de contacto blandas. *Rev. Esp. Contac.* 2: 5-10.
- 285- Sifre B, Sifre J, Sifre Gil B, Rubio A. (1993) Sensibilidad al contraste y lentes de contacto blandas envejecidas. *Rev. Esp. Contac.* 1: 11-16.
- 286- Sjöstrand J. and Frisen L. (1977) Contrast sensitivity in macular disease. A preliminary report. *Acta Opthal.* 55, 506-514.
- 287- Skalka HW. (1980) Effect of age on Arden grating acuity. *Br J Opthal.* 64: 21-23.
- 288- Sloane ME, Owsley C, Alvarez S. (1988) Ageing, senile miosis and spatial contrast sensitivity at low luminance. *Vision Res.* 28: 1235-1246.

- 289- Sloane ME, Owsley C, Jackson CA. (1988) Aging and luminance-adaptation effects on spatial contrast sensitivity. *J Opt Soc Am A*. 5: 2181-2190.
- 290- Sokol S, Domar A, Moskowitz A, Schwartz B. (1981) Pattern evoked potential latency and contrast sensitivity in glaucoma and ocular hypertension. *Doc. Ophthalmol. Proc. Ser.* 27: 79.
- 291- Sommer A, Tielsch JM, Katz J, Quigley HA, Gottsch JD, Javitt J, Singh K. (1991) Relationship between intraocular pressure and primary open angle glaucoma among white and black Americans. The Baltimore Eye Survey. *Arch. Ophthalmol.* 109: 1090-5.
- 292- Sommer A. (1989) Intraocular pressure and glaucoma. *Am. J. Ophthalmol.* Feb 15. 107(2). P 186-8.
- 293- Sorensen PN, Nielsen NV, Norskov K. (1978) Ocular hypertension. A 15-year follow-up. *Acta Ophthalmol.* 56: 363-372.
- 294- Sorensen PN. (1975) The non-contact tonometer, clinical evaluation on normal and diseased eyes. *Acta Ophthalmol.* 53: 513-521.
- 295- Sorsby A, Sheridan M, Leary GA. (1960) Vision, visual acuity, and ocular refraction of young men. *Br Med J*. 1: 1394-1398.
- 296- Sperduto RD, Seigel D, Roberts T, et al. (1983). Prevalence of myopia in USA. *Arch Ophthalmol* 101: 405-407.

- 297- Sponsel WE, DePaul KL, Martone JF, Shields MB, Ollie AR, Stewart WC. (1991) Association of vistech contrast sensitivity and visual field findings in glaucoma. Br. J. Ophthamol. 75(9): 558-60.
- 298- Sponsel WE, Kaufman PL, Strinden TI, DePaul KL, Bowes HN, Olander KW, Barnebey HS. (1989) Evaluation of the Keeler Pulsair non-contact tonometer. Acta Ophthalmol (Copenh). 67(5): 567-72.
- 299- Stamper RL, Hsu-Winges C, Sopher M. (1982) Arden contrast sensitivity testing in glaucoma. Arch. Ophthalmol. 100: 947.
- 300- Stamper RL. (1989) Psychophysical changes in glaucoma. Surv Ophthalmol. 33 Suppl: 309-18.
- 301- Stone J. (1983) Parallel processing in the visual system: the classification of retinal ganglion cells and its impact on the neurobiology of vision. New York: Plenum Press. 83.
- 302- Teoh SL, Allan D, Dutton G, Foulds W. (1990) Brightness discrimination on contrast sensitivity in chronic glaucoma- a clinical study. British Journal of Ophthalmology. 74: 215-219.
- 303- Thorn F and Schwartz F. (1990) Effects of dioptric blur on Snellen and grating acuity. Optom Vision Sci. 67: 3-7.
- 304- Thorn F. (1990) Effects of dioptric blur on the Vistech contrast sensitivity test. Optom Vis Sci. 67(1). P 8-12.
- 305- Thygeson P. (1957) Office and dispensary transmission of epidemic keratoconjunctivitis. Am J Ophthalmol. 43: 98-101.

- 306- Tielsch JM, Katz J, Singh K, et al. (1991) A population-based evaluation of glaucoma screening: the Baltimore Eye Survey. *Am J Epidemiol.* 134: 1102-1110.
- 307- Tielsch, J. M., Sommer, A., Katz, J et al. (1991) Racial variations in the prevalence of primary-open angle glaucoma: The Baltimore Eye Survey. *JAMA.* 266: 369-74.
- 308- Tomlinson A, Philips CI. (1970) Applanation tension and axial length of the eyeball. *Br. J. Ophthalmol.* 54: 548.
- 309- Tomlinson A, Philips CI. (1972) Unequal axial length of eyeball and ocular tension. *Acta Ophthalmol.* 50: 872.
- 310- Towle V, Moskowitz A, Sokol S, et al. (1983) The visual evoked potential in glaucoma and ocular hypertension: Effects of check size, field size and stimulation rate. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 24: 175-183.
- 311- Trick G. (1985) Retinal potentials in patients with primary open angle glaucoma. Physiological evidence for temporal frequency tuning defects. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 26: 1750-1758.
- 312- Tucker J, Charman WN. (1975) The depth-of-focus of the human eye for Snellen letters. *Am J Optom Physiol Opt.* 52: 3-21.
- 313- Tweten S, Wall M, Schwartz BD. (1990) A comparison of three clinical methods of spatial contrast-sensitivity testing in normal subjects. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 228(1): 24-7.
- 314- Tytla ME, Buncic JR. (1988) Optic nerve compression impairs low spatial frequency vision in man. *Clin Visual Sci.* 2:179.

- 315- US Dept of Health and Human Service. (1993) *Visión Research-A National Plan 1994-1998: A report of glaucoma panel*. Bethesda, Md: National Advisory Eye Council. Publication NIH 93-3186.
- 316- Vaegan, Halliday BL. (1982) A forced-choice test improves clinical contrast sensitivity testing. *Br J Ophthalmol*. 66: 477-91.
- 317- Van Meeteran, A. and Vos, JJ. (1972) Resolution and contrast sensitivity at low luminances. *Vision Res*. 12: 825-833.
- 318- Van Nes FL and Bouman MA. (1967) Spatial modulation transfer in the human eye. *J Opt Soc Am*. 57: 401-406.
- 319- Vernon SA. (1989) Non-contact tonometry in the postoperative eye. *Br J Ophthalmol*. 73: 247-249.
- 320- Virsu V, Lathio PK, Nyman G.(1975) Contrast sensitivity as a mesure of visual performance. In: 3rd Nordic Meeting on Medical and Biological Engineering. Tampere, Finland, 16.1.
- 321- Vistech Consultants, Inc: Vision contrast test system application manual. 1986.
- 322- Wallace J, Lovell HG. (1969) Glaucoma and intraocular pressure in Jamaica. *Am J Ophthalmol*. 67: 93-100.
- 323- Watanabe, A., Mori, T., Nagata, S. and Hiwatashi, K. (1968) Spatial sine wave responses of the human visual system. *Vision Res*. 8: 1245-1263.
- 324- Weale, R. (1963) *The aging eye*. Lewis, London.

- 325- Weatherill J and Yap M. (1986) Contrast sensitivity in pseudophakia and aphakia. *Ophthal Physiol Opt.* 6: 297-301.
- 326- Weber A. (1867) Neves tonometer. *Albrecht Von Graefes Arch Ophthalmol.* 13: 203-209. Citado por Forbes M et al.. *Arch Ophthalmol*, 1974
- 327- Wechsler S. (1978) Visual acuity in hard and soft contact lens wearers: a comparison. *J Am Optom Assoc.* 49: 251-6.
- 328- Westheimer G. (1961) Aberrations of contact lenses. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 38: 445-8.
- 329- Wiesel, TN. (1982) Postnatal development of the visual cortex and the influence of environment. *Nature.* 229: 583-591.
- 330- Williams BI, Peart WS. (1978) Effect of posture on the intraocular pressure of patients with retinal vein obstruction. *Br. J. Ophthalmol.* 62: 688.
- 331- Woo G, Hess R. (1979) Contrast sensitivity function and soft contact lenses. *Int Contact Lens Clin.* 6: 171-6.
- 332- Wood JM, Lovie-Kitchin JE. (1992) Evaluation of the efficacy of contrast sensitivity measures for the detection of early primary open-angle glaucoma. *Optometry and Vision Science.* 69: 175-181.
- 333- Woodhouse J.M. (1987) Contrast sensitivity measurement. *Optician.* 193: 19-27.
- 334- Wright CE and Drasdo N. (1985) The influence of age on the spatial and temporal contrast sensitivity function. *Documenta Ophthal.* 59: 385-395.

- 335- Yates JT, Harrison JM, O'Connor PS, Ballentine C. (1987) Contrast sensitivity: characteristics of a large, young, adult population. *Am J Optom Physiol Opt.* 64(7): 519-27.
- 336- Zeki, S. (1992) La imagen visual en la mente y en el cerebro. *Investigación y Ciencia.* Noviembre: 27-35.
- 337- Zemon V, Gordon J. (1988) Spatial tuning characteristics of functional subsystem in the visual pathways of humans. *ARVO abstracts. Invest Ophthalmol Vis Sci.* 29(suppl): 297.
- 338- Zhang L, Pelli D, Robson J. (1989) The effects of luminance, distance, and defocus on contrast sensitivity as measured by the Pelli-Robson chart. *Invest Ophthalmol Vision Sci (Suppl.).* 30: 406.
- 339- Zimmern RL, Campbell FW, Wilkinson IMS. (1979) Subtle disturbances of vision after optic neuritis elicited by studying contrast sensitivity. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 42: 507-512.
- 340- Zwege P, Drance SM,. (1967) Studies on dark adaptation of discrete paracentral retinal areas in glaucomatous subjects. *Am J Ophthalmol.* 64: 56-63.